



Jorge Manuel Ramalho **Otimização da Afetação de Recursos para Prestação**
Moreira Azevedo **de Serviços**



Jorge Manuel Ramalho Moreira Azevedo **Otimização da Afetação de Recursos para Prestação de Serviços**

Tese apresentada à Universidade de Aveiro para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Engenharia e Gestão Industrial, realizada sob a orientação científica da Professora Doutora Ana Maria Pinto de Moura, Professor do Departamento de Economia, Gestão, Engenharia Industrial e Turismo da Universidade de Aveiro

o júri

Presidente

Professora Doutora Helena Maria Pereira Pinto Dourado e Alvelos
Professora Auxiliar, Universidade de Aveiro

Professora Doutora Maria Cristina Saraiva Requeijo Agra
Professora Auxiliar, Universidade de Aveiro

Professora Doutora Ana Maria Pinto de Moura
Professora Auxiliar, Universidade de Aveiro

palavras-chave

cuidados de saúde; otimização; problemas de afetação; programação linear Inteira.

resumo

O envelhecimento populacional atual e a sua crescente fragilidade, ampliou a importância do apoio domiciliário e da prestação de cuidados de saúde, fora das Unidades de Saúde. Para satisfazer esta realidade, é necessária a consciencialização relativamente às despesas de saúde crescentes, e à indispensabilidade em gerir de forma eficaz os recursos disponíveis. Tendo em conta os números revelados pelo ACES Feira – Arouca relativamente aos custos associados a transportes, para o cumprimento das tarefas na periferia das Unidades de Saúde, foi criada uma aplicação com o objetivo de garantir a correta afetação das viaturas disponíveis, tendo em conta todas as tarefas diárias desempenhadas pelas unidades abrangidas pelo referido ACES.

A aplicação serviu-se das ferramentas Microsoft Excel e do Access (para a criação de uma base de dados) e utilizou a linguagem Visual Basic e SQL (para aceder aos dados da base de dados). O objetivo desta ferramenta visa garantir que o utilizador consiga facilmente obter o correto planeamento dos serviços a prestar, tendo em conta as tarefas a desempenhar e as viaturas disponíveis, de forma a tornar este planeamento ótimo em termos de tempo utilizado e recursos dispensados de acordo com as limitações.

keywords

allocation problems; health care; integer linear programming; optimization

abstract

The current aging of the Portuguese society and its growing fragility have increased the importance of home support and the provision of health care outside health units. In order to meet this reality, the awareness of increasing health expenditure is needed, as well as the need to effectively manage available resources.

Taking into account the data revealed by ACES Feira - Arouca regarding the costs associated with transport for the accomplishment of the tasks in the periphery of the Health Units, an application was created with the objective of guaranteeing the correct affectation of the available vehicles, considering all the Tasks performed by the units covered by said ACES.

The application used the tools Microsoft Excel and Access (for the creation of a database) and used the language Visual Basic and SQL (to access data from database). The objective of this tool is to ensure that the user can easily obtain the correct planning of the services to be provided, considering the tasks to be performed and the vehicles available, in order to make this planning optimal in terms of time used and resources dispensed according to limitations.

Acrónimos

ACES - Agrupamento de Centros de Saúde

ANCP - Agência Nacional de Compras Públicas

ANTRAL - Associação Nacional dos Transportes Rodoviários em Automóveis Ligeiros

ARS - Administração Regional de Saúde

CDP - Centro de Diagnóstico Pneumológico

CSP - Cuidados de Saúde Primários

DGS – Direção Geral de Saúde

ECL – Equipa de Coordenação Local

ECCL – Equipa de Cuidados Continuados Integrados

GRG – Generalized Reduced Gradient

IO – Investigação Operacional

MCSP - Missão para os Cuidados de Saúde Primários

PL – Programação Linear

SQL – Structured Query Language

UAG – Unidade de Apoio à Gestão

UCC - Unidade de Cuidados na Comunidade

UCSP - Unidade de Cuidados de Saúde Personalizados

UF – Unidades Funcionais

URAP - Unidades de Recursos Assistenciais Partilhados

USF - Unidades de Saúde Familiar

USP - Unidade de Saúde Pública

Índice

CAPITULO I. Introdução	11
CAPITULO II. Introdução Teórica	15
2.1. Programação Linear	15
2.1.1. Problema de afetação	17
2.1.2. Resolução do problema de afetação	19
2.1.3. Análise de Sensibilidade em problemas de Afetação	19
2.2. Microsoft Office Excel, Solver, Access e Visual Basic	20
CAPITULO III. Caracterização do Agrupamento de Centros de Saúde (ACES)	23
3.1. ACES – Agrupamento de Centros de Saúde	23
3.2. ACES Entre Douro e Vouga I – Feira/Arouca	25
3.2.1. Unidades Funcionais	25
3.2.1.1. Unidade de Saúde Familiar (USF)	26
3.2.1.2. Unidade de Cuidados de Saúde Personalizados (UCSP)	27
3.2.1.3. Unidade de Saúde Pública (USP)	27
3.2.1.4. Unidade de Cuidados nas Comunidades (UCC)	28
3.2.1.5. Serviço de Urgência Básico (SUB)	28
3.2.1.6. Centro de Diagnóstico Pneumológico (CDP)	28
3.2.1.7. Unidade de Recursos Assistenciais Partilhados (URAP)	29
3.2.1.8. Unidade de Apoio à Gestão (UAG)	29
3.3. Utilização de Viaturas no ACES Feira – Arouca	29
3.3.1. Viaturas disponíveis no ACES Feira-Arouca	31
CAPITULO IV. Trabalho Prático	33
4.1. Objetivo	33
4.2. Metodologia	33
4.2.1. Descrição do Processo Atual de Agendamento de Carro	34
4.3. Recolha de dados	35

4.4. Análise de Dados.....	35
4.5. Formulação do problema	40
4.5.1. Modelo Matemático	41
4.6. Aplicação desenvolvida.....	42
4.6.1. Abordagem Híbrida	43
4.6.2. Descrição da Interface.....	45
4.6.3. Base de Dados - Access	47
4.6.4. Adaptação do Microsoft Excel ao Solver	49
4.6.5. Solver.....	52
5. Discussão de Resultados.....	55
6. Conclusão.....	59
ANEXOS.....	61
Anexo 1 – Organograma: organização do ACES Feira – Arouca	61
Anexo 2 – Mapa de Utilização: veículos de serviço gerais	62
Anexo 3 – Mapa rotas Motorista: veículos de serviço gerais	63
Anexo 4 – Mapa Informativo de Avaria: veículos de serviço gerais	64
Anexo 5 – Matriz de distâncias (em km).....	65
Anexo 5 – Distâncias das Unidades (em km)	65
Anexo 6 – Matriz de tempos (em minutos)	66
Anexo 7 – Interface Inicial	67
Anexo 8 – Menu Principal.....	68
Anexo 9 – Lista de Pontos.....	69
Anexo 10 – Código Resolver.....	70
Anexo 11 – Código da função AddiSolver que alimentam o Solver	71
Anexo 12 – Valores de retorno do SolverSolve	72
Anexo 13 – Modelo elaborado no CPLEX (v 12.6.3.0)	73

Índice de Figuras

Figura 1 – Esquema representativo de um problema de afetação com n indivíduos e m tarefas	18
Figura 2 - Unidades de prestação de cuidados do ACES Feira – Arouca	24
Figura 3 - Área geográfica de ação do ACES Feira – Arouca [19]	25
Figura 4 - Representação dos dados recolhidos relativamente aos quilómetros percorridos: por cada viatura (à esquerda) e por cada mês (à direita)	36
Figura 5 - Representação da utilização das viaturas ao longo do ano	38
Figura 6 - Esquema do funcionamento da aplicação.....	40
Figura 7 - Fluxograma da abordagem híbrida	44
Figura 8 - Menu de Inserção de uma nova Tarefa	46
Figura 9 - Menu de edição de Carro	46
Figura 10 - Menu de confirmação de retorno à saída.....	47
Figura 11 - Relações presentes na Base de Dados	48
Figura 12 - Código da interação com a Base de Dados	49
Figura 13 – Representação da área de trabalho do Solver	50
Figura 14 - Função de contagem	51
Figura 15 - Horas produtivas vs. não produtivas: por viatura	56

Índice de tabelas

Tabela 1 - Caracterização dos veículos disponíveis no ACES Feira - Arouca.....	31
Tabela 2 - Relação entre o número de horas com: cada viatura (à esquerda) e cada mês (à direita)	37
Tabela 3 - Taxa de Utilização dos veículos durante o horário de trabalho	39
Tabela 4 - Relação de MaxMinVal	52
Tabela 5 - Resumo dos dados das 10 simulações	57
Tabela 6 - Comparação entre as tarefas realizadas e as sugeridas pelo software.....	57
Tabela 7 - Tabela com valores de retorno do SolverSolve	72

CAPITULO I. Introdução

Com o decréscimo da taxa de natalidade e aumento acentuado do envelhecimento da população nos países desenvolvidos, torna-se cada vez mais comum a prática da prestação de serviços de saúde no exterior dos estabelecimentos predestinados.

O envelhecimento da população tem vindo a agravar-se e em Portugal, segundo o documento, Projeções de População Residente em Portugal, vai continuar a agravar-se com uma previsão de aumento do rácio de 147 para 317 idosos por cada 100 jovens, no período compreendido entre os anos de 2015 e 2080 [1]. Este envelhecimento da população obriga a que sejam implementadas medidas de apoio social, sendo que a prestação de serviços de saúde ao domicílio é uma delas, devido à proximidade com o utente e por ser capaz de evitar isolamento ou não permitir a prevenção, nos utentes identificados como indivíduos desfavorecidos, deficientes ou idosos.

Dentro da área de prestação de serviços de saúde, o apoio domiciliário tem-se revelado extremamente importante, dada a fragilidade ou incapacidade de uma parte da população, para a deslocação aos postos de saúde.

A despesa corrente em saúde tem vindo a aumentar desde o ano 2000 até 2015 em Portugal, onde os aumentos percentuais foram de 40 e 70 no setor público e privado, respetivamente, segundo o documento, Despesas da Saúde em Portugal [2].

Identificando o apoio domiciliário como atividade com importância cada vez maior, quer económica quer social, há ainda muito para explorar. Segundo Rest [3] são exploradas as tendências e riscos da prestação de serviços domiciliários, de onde se extraem os pontos críticos:

- o pessoal, o grande trunfo da prestação de serviços; os clientes, que permitem a continuidade da atividade e é vital garantir a sua satisfação;
- a comunicação, ao prestar serviços exteriores à organização, há que ter cuidado na comunicação tanto com os clientes como internamente, para garantir que não há janelas de tempo desaproveitadas (minimizá-las pelo menos) ou falhas no serviço;
- o transporte, o que permite à equipa médica a deslocação até ao cliente para a prestação do serviço [3].

Os serviços de Apoio Domiciliário são extremamente complexos e têm várias componentes, desde as próprias consultas, serviços sociais e apoio de pessoal técnico especializado.

Dentro desta prestação de serviços existem várias ferramentas de Investigação Operacional, que podem ser usadas e exploradas, para resolução de problemas, como por exemplo, a própria deslocação das equipas médicas até aos locais de prestação do serviço (Problemas de planeamento de rotas para veículos) e a calendarização dos serviços da equipa médica (Problemas de Afetação) [4].

Problema a resolver: Ineficiência na gestão da atribuição de viaturas às tarefas diárias, previstas para a prestação de cuidados de saúde no exterior da organização, refletindo-se em gastos extra, quando se recorre ao aluguer de serviços de transporte. Esta alternativa acontece principalmente devido à má (ou inexistente) gestão do parque automóvel do ACES. Além disso, toda a informação de quilómetros percorridos, dias e horas de saída e chegada, manutenção das viaturas, avarias e reparações, combustível, etc. é feita à mão e através do preenchimento de folhas para este efeito. Efetivamente este preenchimento nem sempre é feito e outras vezes não é feito da maneira devida. Isto leva a que não existe um histórico das saídas das viaturas, e uma falta de controlo dos custos inerentes a estas saídas e à frota existente.

Objetivo e Metodologia: criação de uma ferramenta que permita gerir e otimizar o processo de afetação das viaturas às saídas diárias para prestação de serviços. Esta afetação é feita recorrendo a um modelo de programação linear inteira. Além disto, é necessário também a existência de um histórico das saídas, para fins de gestão futura do ACES. Para isso, será necessário criar uma base de dados que será automaticamente atualizada sempre que existam saídas programadas. Tudo isto será implementado, com recurso aos programas Excel (e a sua aplicação Solver) e Access, através da utilização de linguagem Visual Basic.

Resultados Previstos: com a concretização dos objetivos propostos, prevê-se que seja conseguida uma melhoria significativa na afetação das viaturas às tarefas a realizar, garantindo uma melhor gestão de recursos, tempo e consequentemente assegurando uma poupança financeira, devido à redução dos custos de transporte diários.

O restante documento encontra-se dividido em capítulos, de acordo com o assunto abordado: no Capítulo II é feita uma revisão bibliográfica ao estado da arte de Programação Linear, com foco no tema de Problemas de Alocação e a sua resolução tendo em conta os programas Microsoft Office Excel, Solver, Access e Visual Basic; no Capítulo III é feita a apresentação do ACES Feira-Arouca, assim como é descrito o atual estado de gestão das viaturas disponíveis; o restante documento, descreve o trabalho desenvolvido no processo de criação da base de dados e da aplicação criada de forma a resolver o problema de alocação apresentado.

CAPITULO II. Introdução Teórica

A programação Linear (PL) permite a formulação de problemas que visam a distribuição de recursos limitados de forma a atingir um objetivo da maneira mais eficiente possível. Este campo da matemática permite formular problemas como o da Alocação de Recursos que consistem em obter a distribuição ótima de recursos pelas atividades a levar a cabo.

2.1. Programação Linear

Até às décadas de 30 e 40 do séc. XX, não houve muito interesse no estudo de sistemas de inequações. Os poucos trabalhos sobre estes sistemas foram desenvolvidos entre 1900 e 1930 e não discutiam propriamente o problema de maximizar uma função linear.

Contudo, em 1826, Fourier já demonstrava interesse em estudar este tipo de problemas. Os principais desenvolvimentos teóricos da Programação Linear (PL) são da autoria de Kantorovich (1939) e de um grupo de outras individualidades: relativamente à fundamentação teórica, Von Neumann, Harold W. Kuhn e A. W. Tucker; George B. Dantzig na formulação do algoritmo resolutivo – Simplex – e T. C. Koopmans, A. Charnes e W. W. Cooper, quanto às formulações aplicadas de PL [5].

Quando se realizou o primeiro simpósio sobre PL, em 1951, começaram a surgir imensos trabalhos procurando tanto completar as bases teóricas, como também procurar melhorar a eficiência computacional dos seus algoritmos e aperfeiçoar o grau de realismo das formulações.

Os problemas com resolução em PL, podem ser encontrados em variados campos, tais como, em sistemas económicos, de produção industrial ou mesmo no ramo militar, havendo características mais específicas a desenvolver para cada uma das áreas. Na maior parte desses problemas, as principais etapas da solução a desenvolver baseiam-se na calendarização, sequência e recursos afetados.

Programação Linear Inteira é uma ferramenta amplamente aplicada em negócios e empresas e permite poupanças de elevado valor monetário. É também um tema muito estudado na comunidade científica, com muitos artigos publicados (24133 documentos no SCOPUS relacionados com PLI).

Programação Linear usa um modelo matemático para descrever o problema em estudo. O adjetivo linear mostra que o modelo requer que todas as funções matemáticas sejam lineares, enquanto que o termo programação, apesar de se referir a programação computacional, neste caso baseia-se ao planeamento de atividades para alcançar um resultado ótimo, isto é, um resultado que de entre os resultados disponíveis, seja o melhor [6].

Segundo Lieberman [6], PL é uma ferramenta poderosa para lidar com o problema de alocar recursos limitados a atividades que contestam esses mesmos recursos e também problemas com formulação matemática similar. A PL pode ser caracterizada como um instrumento de carácter matemático que, com a criação de uma função linear que pode ter como objetivo a minimização ou maximização, permite a análise das circunstâncias em estudo.

Apesar de não ser perceptível a todos, muitas vezes são formulados problemas quando se impõe uma meta a atingir (função objetivo) sujeito a certas limitações (restrições) para a continuação da atividade a desempenhar. Estas restrições podem ser traduzidas por relações funcionais, que quando lineares constituem um problema de programação linear [7].

Desta forma, é importante perceber o que é contemplado no sistema de equações: as variáveis de decisão (x_1, x_2, \dots, x_n) em que os valores têm que ser determinados posteriormente; a função objetivo que permite obter a medida de avaliação da solução ($F = Ax_1 + Bx_2 + \dots + Cx_n$ com A, B, C pertencentes aos números racionais); as restrições geralmente inequações que representam limitações quanto às especificações do problema; os parâmetros que representam as constantes presentes na função objetivo (A, B, C neste caso). O modelo permitirá escolher os valores das variáveis de decisão de maneira a maximizar (ou minimizar) a função objetivo de acordo com as restrições.

O problema mais comumente resolvido recorrendo a estes modelos é a alocação de recursos a atividades. Os problemas resolvidos de forma linear podem ser classificados em três exemplos [8]:

- Transporte: “Cannery Exemple” trata-se de um sistema de distribuição para alimentação das necessidades de cinco armazéns distintos em várias cidades (Nova Iorque, Chicago, Kansas, Dallas e S. Francisco), a partir de três unidades produtoras localizadas em Portland, Seattle e San Diego. Sabendo a quantidade (máxima) produzida pelas unidades e as necessidades dos armazéns (por exemplo, através de métodos de previsão) e associando os custos de transporte, é pretendido otimizar a distribuição da produção desde as unidades produtoras até aos armazéns;

- Composição: “Housewife’s Problem” - ao conhecer as características dos alimentos na sua composição vitamínica e calórica e os preços associados, relacionando necessidade de satisfação de níveis estabelecidos em termos de vitaminas e calorias, pretende-se otimizar a dieta de maneira a minimizar o custo;
- Formação e produção: “On-the-job Training” - quando uma empresa está perante uma encomenda que obrigue a aumento de produção e não tem trabalhadores suficientes para desenvolver o trabalho necessário, tem que contratar e formar trabalhadores. Estes novos trabalhadores necessitam de ser contratados e posteriormente formados e no seguimento deste processo poderão eles também dar formação a novos entrantes na empresa. O número de trabalhadores associados à formação em determinado momento, ou às diversas tarefas levadas a cabo na organização, leva a que seja necessária a minimização de custos alocados às mesmas. Trata-se de encontrar um compromisso que seja ideal, de maneira a não menosprezar nenhuma das vertentes (produção e formação).

2.1.1. Problema de afetação

O problema estudado em maior profundidade ao longo deste trabalho é o problema de afetação, que consiste em afetar n indivíduos a n tarefas (Figura 1) e tem como objetivo a minimização do custo total resultante das associações propostas na solução final. Estes custos, conhecidos previamente e descritos como c_{ij} , resultam da associação do indivíduo i ($i = 1, 2, \dots, n$) à tarefa j ($j = 1, 2, \dots, n$). Este problema pode ser entendido como um problema de otimização combinatória e cada afetação liga o indivíduo à tarefa i ($i = 1, 2, \dots, n$), o que pode ser entendido como uma permutação com n fatores e onde a solução ótima será obtida quando o custo total ($\sum C_{ij}$) é mínimo [7]. Para resolver o problema segundo este raciocínio, e mesmo para valores pequenos de n , obtemos processos bastante complexos e demorados (computacionalmente).

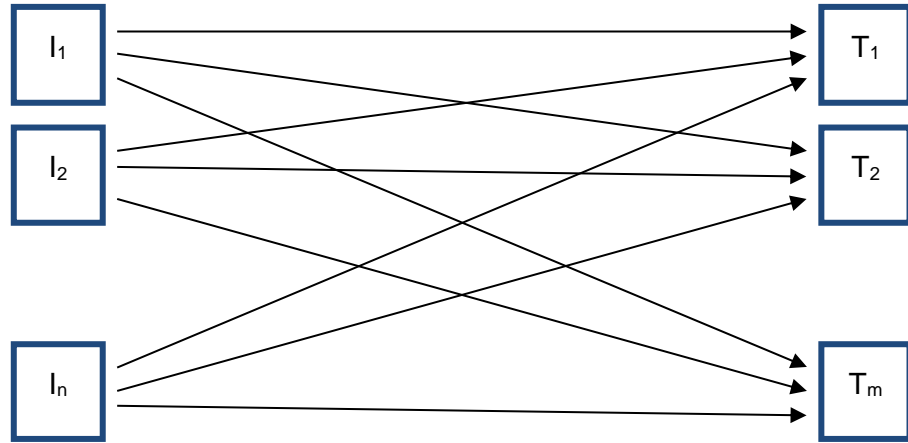


Figura 1 – Esquema representativo de um problema de afetação com n indivíduos e m tarefas

O problema de afetação acaba por ser um caso particular de um problema de transportes em que os valores de oferta e procura são todos iguais a um. Além disso, as variáveis são binárias tornando-o num problema de programação binária e assim pode ser resolvido segundo um método de resolução mais eficiente [9].

As duas restrições (Equação 1 e 2) garantem que cada indivíduo apenas desempenha uma única tarefa e que cada tarefa só é levada a cabo por um único indivíduo.

$$x_{ij} = \begin{cases} 1 & \text{se o indivíduo } i \text{ desempenhar a tarefa } j \\ 0 & \text{se o indivíduo } i \text{ não desempenhar a tarefa } j \end{cases}$$

Minimizar $z =$

$$\sum_i \sum_j c_{ij} x_{ij}$$

Sujeito a,

$$\sum_j x_{ij} = 1 \quad (i = 1, 2, \dots, n) \quad (1)$$

$$\sum_i x_{ij} = 1 \quad (j = 1, 2, \dots, n) \quad (2)$$

$$x_{ij} = 0, 1$$

2.1.2. Resolução do problema de afetação

Teorema: A solução ótima do problema de afetação não se altera se uma constante for adicionada ou subtraída a qualquer linha ou coluna da matriz de custos.

Demonstração: com p_i ($i = 1, 2, \dots, n$) e q_j ($j = 1, 2, \dots, n$) as constantes adicionadas ou subtraídas a qualquer uma das linhas ou colunas da matriz de custos, alterando a matriz de custos para [7]:

$$c'_{ij} = c_{ij} \pm p_i \pm q_j$$

A função objetivo é dada por:

$$\begin{aligned} z' &= \sum_i \sum_j c'_{ij} x_{ij} = \sum_i \sum_j (c_{ij} \pm p_i \pm q_j) x_{ij} = \\ &= \sum_i \sum_j c_{ij} x_{ij} \pm \sum_i p_i \sum_j x_{ij} \pm \sum_j q_j \sum_i x_{ij} = \\ &= z \pm \sum_i p_i \pm \sum_j q_j = z \pm \text{constante} \end{aligned}$$

Aqui é demonstrado que o valor de z é diferente de z' por apenas uma constante, o que permite obter uma solução ótima coincidente. Este teorema permite obter duas simplificações ao trabalhar com este tipo de problemas: em primeiro lugar, é possível tornar um problema, com alguns elementos da matriz de custos negativos, numa nova matriz de custos com todos os valores não negativos; também se torna possível simplificar e tornar alguns dos elementos da matriz de custos nulos e é esta a linha que suporta o Método Húngaro, bastante conhecido para a resolução destes problemas [6].

2.1.3. Análise de Sensibilidade em problemas de Afetação

Dada a estrutura binária do problema e o método de resolução Húngaro, pouca análise de sensibilidade se pode fazer, apenas se podem alterar as afetações “escolhidas” e a variação dos custos iniciais de afetação.

A primeira opção pode ser relevante quando se pretende forçar uma afetação entre um indivíduo e uma tarefa, independentemente dos custos associados. Quanto à alteração dos custos iniciais de afetação, a sua consequência pode ser verificada (tanto pela criação de uma nova solução como pelo acréscimo de custos) na matriz ótima de afetação [9].

2.2. Microsoft Office Excel, Solver, Access e Visual Basic

Um dos objetivos principais deste trabalho consistia em que a ferramenta final fosse obrigatoriamente simples e fácil de utilizar pelos funcionários da organização, facilitando a integração do programa final no quotidiano da programação das viaturas.

As aplicações de programas ou aplicações de resolução de problemas de otimização, têm ligações já bastante generalizadas em vários ramos da indústria. Os problemas mais comuns são resolvidos usando otimização como prática recorrente, como por exemplo no Reino Unido em que 60% das empresas já recorre a esta prática há mais de 10 anos.

Contudo, a utilização de métodos de otimização concentra-se apenas em alguns departamentos das organizações devido a: falta de treino e abertura a estes métodos; imaturidade dos processos de desenvolvimento da otimização na indústria; falta de um manual; normas ou certificações que ditam regras ao processo de integração no meio industrial. No entanto, a principal razão concentra-se na falta de ajuda para a escolha do método/técnica dentro da variedade existente, existindo uma grande dificuldade em associar os problemas às ferramentas que permitem chegar às soluções e em diferenciar os problemas [10].

Apesar disso, muitos dos programas utilizados não conseguem ser aplicados, de forma geral, pela sua especificidade a cada ocasião ou situação em que se aplica. Na área da Saúde os ramos mais explorados consistiram na calendarização de turnos e no cálculo de exposição de radiação, o que comparado com outras áreas é ainda muito reduzido face às possibilidades de temas expostos [11].

Ao usar o Microsoft Office Excel, ferramenta usada em larga escala tanto no ramo da indústria como da investigação, fornece-se uma aplicação de fácil acesso e já utilizada pela grande maioria dos engenheiros, investigadores ou gestores [12].

O Microsoft Office Excel é uma ferramenta extremamente poderosa para manipular, analisar e apresentar informação, mas por vezes há tarefas que carecem de alguma repetição, especificação ou que, com uma interface de utilizador, acrescentariam algum valor. Para complementar as funcionalidades do Microsoft Office Excel, foi utilizada a linguagem de programação Visual Basic para aplicações, que possibilita a personalização e extensão de funcionalidades pretendidas [13].

Apesar da dificuldade na aprendizagem de uma nova linguagem de programação, Visual Basic foi a escolha óbvia pela sua interação com o Microsoft Access e Office Excel e por estarem presentes nos computadores da organização. O Access foi necessário para desenvolver uma base de dados que permitisse armazenar a informação e que estivesse simultaneamente disponível para consulta e edição. Para este tipo de ações sobre a base de dados, foi necessário o conhecimento da linguagem de consulta estruturada (SQL – Structured Query Language) que, permitiu através de comandos bastante simples integrados no Visual Basic, aceder à informação presente na base de dados.

A ferramenta Solver, associada ao software Microsoft Office Excel, utiliza vários algoritmos para determinar a solução ótima, dependendo do tipo de problema. Para otimização não linear, é usado o método generalizado de gradiente reduzido, desenvolvido por Leon Lasdon da Universidade do Texas e Alan Waren da Universidade do Estado de Cleveland, com o apoio de Frontline Systems, Inc.

Para programação linear, é usado o Simplex e o dual Simplex com as restrições sobre as variáveis, sendo que para problemas com restrições inteiras utiliza o método de Branch and Bound, como implementados por John Watson e Daniel Fylstra, Frontline Systems, Inc. Para otimização não suave, utiliza uma variedade de algoritmos e métodos de procura local, implementados por vários indivíduos da Frontline Systems, Inc. [14].

O Solver utiliza uma implementação básica do Simplex para resolver problemas de programação linear e está limitado a 200 variáveis de decisão. O tempo de computação depende de três fatores do problema: o tamanho do modelo (número de variáveis de decisão e restrições, número total de fórmulas); as relações matemáticas entre o objetivo e as restrições e as variáveis de decisão; o uso de restrições inteiras nas variáveis. Apesar de outras variáveis puderem afetar o tempo de computação, como o fraco escalonamento, os três apresentados têm influência intrínseca na resolução do modelo. Mesmo que algoritmos rápidos e processadores rápidos ajudem a reduzir o tempo de processamento, alguns tipos de modelos não convexos ou não “smooth” podem levar anos ou mesmo décadas a serem resolvidos nos computadores mais rápidos [15].

Definindo as especificações e objetivos do problema a estudar, podem concluir-se os seguintes pontos:

- Se o objetivo e as restrições são funções lineares, será encontrada a solução ótima global razoavelmente rápido, dependendo do tamanho do modelo - trata-se de um problema de programação linear, é também um problema convexo e o método Simplex retrata este problema;
- Se o objetivo e as restrições são funções suaves não lineares das variáveis de decisão, o tempo de resolução será maior. Se o problema for convexo, será encontrada uma solução global ótima, mas se o problema for não convexo apenas será possível encontrar uma solução local ótima, mesmo esta será difícil. O método GRG (Generalized Reduced Gradient) não linear é o ideal para estes problemas;
- Se o objetivo e as restrições são funções não suaves e não convexas das variáveis de decisão, o melhor output será uma boa solução (melhor que os valores iniciais das variáveis) mas não se tratará de uma solução local ou global. O método evolucionário é o ideal para este tipo de problema;
- Podem usar-se restrições inteiras ou binárias para as variáveis para os três métodos, mas tornam o problema não convexo e muito mais difícil de resolver.

Com o método de resolução Simplex, pode encontrar-se uma solução ótima global com o devido tempo de resolução, mas podemos contentar-nos ao encontrar uma solução próxima à ótima num tempo razoável de computação. Com os métodos GRG não linear e o Evolucionário espera-se encontrar uma boa solução, mas provavelmente não se encontrará uma ótima [15].

CAPITULO III. Caracterização do Agrupamento de Centros de Saúde (ACES)

Os Agrupamentos de Centros de Saúde (ACES) englobam um ou mais centros de saúde, constituídos por diversas unidades funcionais, que permitem garantir a prestação de cuidados a toda a população de uma determinada área geográfica. Os ACES funcionam como entidades públicas com autonomia administrativa, o que lhes atribui a necessidade de gerir todos os recursos necessários ao seu funcionamento.

3.1. ACES – Agrupamento de Centros de Saúde

Os Centros de Saúde representam a primeira linha de prestação de cuidados de saúde aos cidadãos, tendo como principais missões a promoção e prevenção da doença, prestação de cuidados e ligação a outros serviços promotores de cuidados continuados. São também realizadas atividades de vigilância epidemiológica, investigação e formação de profissionais [16].

Estas funções estão agora sob a alçada dos Agrupamentos de Centros de Saúde (ACES), que são serviços de saúde constituídos por várias unidades funcionais de prestação de cuidados de saúde à população, englobando um ou mais centros de saúde. Os ACES surgem com o Decreto-Lei n.º 28/2008, de 22 de Fevereiro, publicado no âmbito de uma profunda alteração no modelo de organização dos serviços a nível regional, desde logo ao nível da extinção de todas as sub-regiões de saúde [17]. Os ACES facilitam o acesso dos cidadãos à prestação de cuidados de saúde dentro de uma determinada área geográfica e potencializam os ganhos em saúde conseguidos pelas USF (Unidades de Saúde Familiar). Apesar de estarem sobre a direção da ARS (Administração Regional de Saúde), os ACES são serviços descentrados, com autonomia administrativa e que englobam várias Unidades Funcionais (UF), das quais fazem parte USF, UCSP (Unidade de Cuidados de Saúde Personalizados), UCC (Unidade de Cuidados na Comunidade), USP (Unidade de Saúde Pública), URAP (Unidades de Recursos Assistenciais Partilhados) e outras unidades ou serviços que sejam considerados necessários (Figura 2) [17] [16]. A predisposição para a reforma dos Cuidados de Saúde Primários (CSP) começou em 2006 depois do governo ter criado em 2005 a Missão para os Cuidados de Saúde Primários (MCSP), que delineou as linhas orientadoras para a reforma dos CSP.

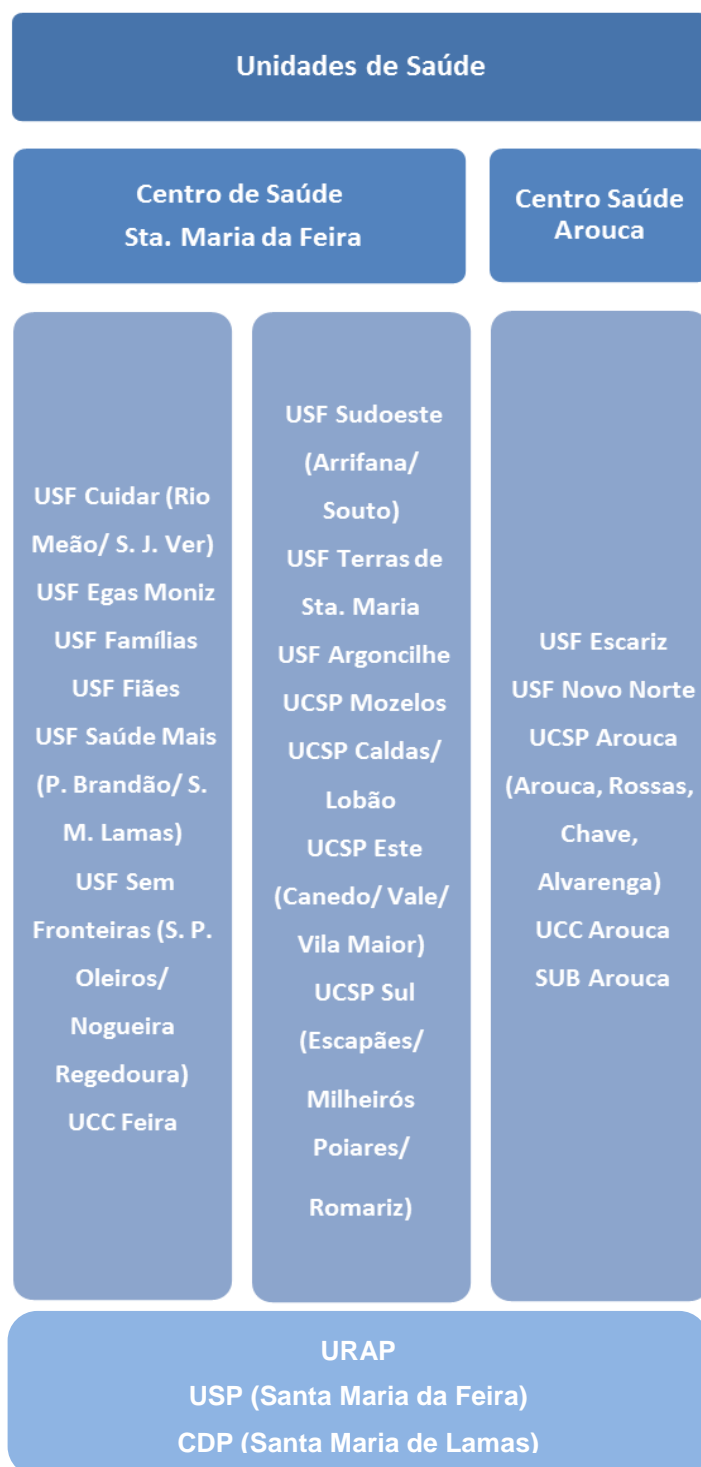


Figura 2 - Unidades de prestação de cuidados do ACES Feira – Arouca

Apesar das USF terem sido propostas em 1999, apenas em 2006 foram regulamentadas e implementadas em 2007. Foi entre 2008 e 2010 que se iniciou a transformação dos centros de saúde com a criação dos ACES e os consequentes órgãos de gestão e administração. Nesta fase foram abertas as candidaturas a Unidades de Cuidados Continuados (UCC) e ao longo de 2010 foram também constituídas outras Unidades Funcionais dos ACES, designadamente as Unidades de Cuidados de Saúde Personalizados (UCSP), as Unidades de Saúde Pública (USP) e as Unidades de Recursos Assistenciais Partilhados (URAP) [17].

3.2. ACES Entre Douro e Vouga I – Feira/Arouca

3.2.1. Unidades Funcionais

O Agrupamento de Centros de Saúde (ACES) Entre Douro e Vouga I – Feira/Arouca é a instituição de saúde que integra os Centros de Saúde de Santa Maria da Feira e Arouca e presta Cuidados de Saúde Primários à população residente, de forma permanente ou provisória, nos referidos concelhos (Figura 3), às pessoas inscritas nos referidos centros de saúde e aos utilizadores esporádicos que os procurem. Este ACES inclui 11 Unidades de Saúde Familiar, 5 Unidades de Cuidados de Saúde Personalizados, uma Unidades de Saúde Pública, uma Unidades de Recursos Assistenciais Partilhados, um Centro de Diagnóstico Pneumológico (CDP) e 2 Unidades de Cuidados na Comunidade (Anexo 1) [18].



Figura 3 - Área geográfica de ação do ACES Feira – Arouca [19]

Interessa, portanto, definir o conceito de Cuidados de Saúde Primários como o primeiro contato dos indivíduos com os serviços de saúde que asseguram os cuidados essenciais. Esta prestação de cuidados deve ser equitativa e universalmente acessível a todos os indivíduos na sua área de ação, recorrendo a métodos e tecnologias cientificamente bem fundamentadas e socialmente aceitáveis a um custo que a comunidade e o país suportem e mantenham em cada fase de desenvolvimento [20].

Constituem os órgãos de gestão do agrupamento, o diretor executivo, o conselho executivo, o conselho clínico e de saúde e o conselho da comunidade, apoiados pela unidade de apoio à gestão e pelo gabinete do cidadão. Na sede do ACES, está presente uma Unidade de Recursos Assistenciais Partilhados (URAP) com técnicos de várias especialidades: Cardiopneumologia, Fisioterapia, Higiene Oral, Psicologia, Radiologia, Terapia Ocupacional e Serviço Social e uma Unidade de Saúde Pública (USP) [18].

Tanto no concelho de Arouca como no de Santa Maria da Feira, estão presentes duas Unidades de Cuidados nas Comunidades (UCC) que prestam cuidados de saúde e apoio psicológico e social de âmbito domiciliário e comunitário. Além desta unidade, funciona também em Arouca, um Serviço de Urgência Básico (SUB) que graças à presença de uma ambulância de suporte imediato de vida dá resposta em situação de doença aguda (Feira/Arouca, n.d.).

3.2.1.1. Unidade de Saúde Familiar (USF)

As Unidades de Saúde Familiar têm a função de prestar cuidados de saúde personalizados (quer individuais, quer familiares) à população da área geográfica na qual se inserem, garantindo que estes cuidados sejam acessíveis a todos a população, globais, assegurando a qualidade e continuidade dos mesmos [21] [16].

Estas unidades funcionais contam com a colaboração de uma equipa multidisciplinar de diversos profissionais de saúde, garantindo a prestação dos cuidados e a cooperação com as restantes Unidades Funcionais. As USF podem atualmente ser divididas em três grupos (A, B e C) de acordo com o grau de autonomia [21]:

- Modelo A: correspondente a uma fase de aprendizagem e aperfeiçoamento do trabalho em equipa e do funcionamento da Unidade como multidisciplinar, abandonando metodologias de trabalho individual isolado;

- Modelo B: este modelo sugere um nível superior de amadurecimento operacional comparativamente ao modelo A – cada USF deve atuar em acordo com as restantes Unidades Funcionais, devendo existir uma gestão participativa de todos os profissionais de saúde envolvidos, em que todos os elementos cooperam para obter a melhoria continua;
- Modelo C: apresentado como experimental, apresenta complementos às possíveis insuficiências do Sistema Nacional de Saúde (SNS), incluindo setores como o social e o privado em articulação ao centro de saúde.

As USF (11) que fazem parte do ACES Feira – Arouca são: USF Argoncilhe, USF Cuidar, USF Egas Moniz, USF Escariz, USF Famílias, USF Fiães, USF Novo Norte, USF Terras de Santa Maria, USF Saúde Mais (Paços de Brandão e Santa Maria da Lamas), USF Sem Fronteiras (São Paio de Oleiros e Nogueira da Regedoura) e USF Sudoeste (Arrifana e Souto).

3.2.1.2. Unidade de Cuidados de Saúde Personalizados (UCSP)

Esta Unidade apresenta uma estrutura idêntica às USF na prestação de cuidados de saúde personalizados, acessíveis a todos e contínuos [21], [16]. A equipa da UCSP é composta por uma equipa multidisciplinar, que inclui médicos, enfermeiros e administrativos que não estejam integrados na USF [17] [21] [16].

As UCSP (5) que fazem parte do ACES Feira – Arouca são: UCSP Arouca (Arouca, Rossas, Chave e Alvarenga), UCSP Mozelos, UCSP Caldas/Lobão, UCSP Este (Canedo, Vale e Vila Maior) e UCSP Sul (Escapães, Milheirós de Poiares e Romariz).

3.2.1.3. Unidade de Saúde Pública (USP)

A Unidade de Saúde Pública atua como vigilante da saúde na área demográfica do ACES em que se insere (englobando a Feira e Arouca), levando a cargo funções como a elaboração de planos no domínio da saúde pública, vigilância epidemiológica, gestão de programas de prevenção, promover a saúde na população e colaboração com as autoridades de saúde [17] [16]. Esta equipa é composta por médicos e enfermeiros de saúde pública ou de saúde comunitária, técnicos de saúde ambiental, podendo ainda integrar outros profissionais cujas competências sejam necessárias para determinadas necessidades [17] [16].

3.2.1.4. Unidade de Cuidados nas Comunidades (UCC)

Esta unidade encarrega-se de prestar serviços no âmbito domiciliário e comunitário, quer sejam cuidados de saúde ou apoio psicológico, à população em situações de maior risco, doença ou dependência, que requeiram acompanhamento próximo. Esta unidade tem ainda a função da educação para a saúde, integração em redes de apoio e implementação de unidades móveis de intervenção [17] [16].

A equipa que integra uma UCC é composta por médicos, enfermeiros, psicólogos, assistentes sociais, nutricionistas, fisioterapeutas, terapeutas da fala, entre outros profissionais que sejam necessários de acordo com as necessidades.

As UCC que pertencem ao ACES Feira – Arouca são UCC Feira e UCC Arouca.

3.2.1.5. Serviço de Urgência Básico (SUB)

O SUB é uma unidade que corresponde ao primeiro nível de acolhimento em situações de urgência com necessidade de apoio médico (não cirúrgico) no âmbito da rede nacional de emergência e urgência. Esta unidade permite atribuir cuidados a situações urgentes, recorrendo aos recursos mínimos que possui: dois médicos, dois enfermeiros, um técnico de Radiologia, um auxiliar de ação médica e um administrativo (em cada equipa de trabalho) [18].

O Serviço de Urgência Básico gerido pelo ACES Feira – Arouca está localizado no concelho de Arouca. Recentemente, esta unidade foi reforçada com uma ambulância de suporte imediato de vida o que representou um reforço na assistência pré-hospitalar às vítimas de acidente ou doença súbita e no transporte de doentes assistidos no SUB [18].

3.2.1.6. Centro de Diagnóstico Pneumológico (CDP)

Esta unidade encarrega-se de realizar o diagnóstico, tratamento e prevenção de patologias respiratórias contagiosas, nomeadamente a Tuberculose [18].

O CDP é gerido pela Unidade de Saúde Pública e conta com a colaboração de uma equipa de profissionais de saúde constituída por médicos e enfermeiros com formação específica [18].

O Centro de Diagnóstico Pneumológico é também uma Unidade Funcional que realiza as suas funções em toda a área do ACES Feira – Arouca em que está inserida, estando sediada em Santa Maria de Lamas.

3.2.1.7. Unidade de Recursos Assistenciais Partilhados (URAP)

Esta unidade desempenha funções de reforço às restantes unidades funcionais, podendo prestar serviços de consultoria e assistência, realizando também uma ligação dessas unidades aos serviços hospitalares. A equipa que constitui a URAP poderá ser composta por médicos de diversas especialidades (não sendo de Medicina Geral e Familiar e de Saúde Pública), psicólogos, nutricionistas, fisioterapeutas, técnicos de saúde oral, assistentes sociais e outros profissionais não envolvidos noutras unidades funcionais [17] [16].

Também esta unidade desempenha funções em toda a área geográfica que é englobada pelo ACES Feira – Arouca.

3.2.1.8. Unidade de Apoio à Gestão (UAG)

À Unidade de Apoio à Gestão cabem as funções de apoio administrativo ao diretor executivo, conselho clínico e às Unidades Funcionais, cumprindo tarefas como assessoria técnica, colaboração na elaboração de planos de atividade e orçamentos, analisar políticas de gestão de recursos humanos, financeiros e de equipamentos, monitorizar aspetos relativos à faturação e prescrição, organizar procedimentos administrativos respeitantes à gestão do ACES, garantir o controlo de consumos, assegurar o aprovisionamento e gestão de vacinas, contraceptivos e restantes medicamentos/materiais de consumo clínico, assim como coordenar os serviços de segurança, apoio e vigilância ao ACES e respetivas Unidades Funcionais [17] [16].

3.3. Utilização de Viaturas no ACES Feira – Arouca

De acordo com o estabelecido pela Direção Geral de Saúde (DGS), a distribuição e utilização das viaturas afetas às diversas Unidades de Saúde deve reger-se por princípios de utilização equilibrada e racional, tendo especial atenção a aspetos como as funções desempenhadas por cada Unidade e o racionamento de meios [22].

Tendo em conta a otimização dos recursos existentes, existem alguns dos aspetos a ter em conta aquando da utilização dos veículos disponíveis numa entidade de saúde, nomeadamente [22] [23] [24] [25]:

- a utilização das viaturas deve ser exclusivamente em serviços do ACES/Unidade Funcional em que está inserida (esta utilização resume-se a tarefas como transporte de pessoal para domicílios, medicamentos e outro tipo de consumos, documentos e recolha de resíduos hospitalares no caso de não existirem contratos com entidades competentes);
- a condução das viaturas deve ser realizada por funcionários motoristas ou, em casos excecionais e com a devida autorização, por outros funcionários (com respetiva carta de condução válida para o veículo em questão);
- o condutor da viatura é responsável pela mesma, devendo garantir que a condução seja executada com respeito às regras de condução e nas melhores condições de segurança;
- devem ser escolhidos os melhores itinerários de viagem, tendo como variáveis as distâncias a percorrer e o tempo previsto de viagem, de forma a otimizar os recursos disponíveis;
- é necessário garantir que cada viatura é analisada no momento da sua receção de forma a verificar a existência de anomalias, devendo estas ser comunicadas à Unidade de Apoio à Gestão;
- a utilização de uma viatura requer que seja feita uma requisição/marcação prévia (por escrito), para a Unidade de Apoio à Gestão, com antecedência necessária e de acordo com o funcionamento do agrupamento em que está inserida;
- preencher sempre o documento referente a cada veículo após a sua utilização, no qual são especificados os horários de saída e chegada, assim como os quilómetros percorridos (devendo reportar esses dados às Unidades de Apoio à Gestão): Mapa de Utilização – veículos de serviços gerais (Anexo 2);
- elaboração de um relatório mensal no qual constam os quilómetros percorridos e o combustível que foi abastecido em cada uma das viaturas disponíveis;
- a utilização indevida ou não autorizada dos veículos é punida com a instauração de um processo disciplinar.

A importância e necessidade do correto agendamento da utilização das viaturas disponíveis recai na necessidade de garantir que a sua utilização não prejudique as restantes Unidades Funcionais e que as suas funções sejam cumpridas corretamente, de acordo com as normas de funcionamento da Unidade e respeitando os parâmetros de otimização de recursos.

3.3.1. Viaturas disponíveis no ACES Feira-Arouca

O ACES Feira – Arouca dispõe de 7 veículos de serviço às Unidades Funcionais agregadas (Tabela 1).

Unidade	Marca/Modelo Carro	Matricula
ECL Feira	Renault Kangoo	30 – DR – 36
Arouca	Renault Clio	92 – 13 – OP
Feira	Fiat Doblo	64 – DT – 06
Feira	Opel Corsa	01 – CG – 82
UCC Feira	Peugeot Partner	73 – MH – 97
Feira	Renault Kangoo	42 – AS – 07
Feira	Mitsubishi Colt	50 – JS – 97

Tabela 1 - Caracterização dos veículos disponíveis no ACES Feira - Arouca

Dos veículos acima caracterizados, 6 deles estão afetos às Unidades sediadas em Santa Maria da Feira. No entanto, para além de realizarem a prestação de serviços para o exterior, no concelho de Santa Maria da Feira, estes veículos também prestam serviços no concelho de Arouca. Apenas um dos 7 veículos se encontra afeto exclusivamente aos serviços prestados no concelho de Arouca.

Cada um desses veículos encontra-se devidamente identificado pelos dísticos de reconhecimento do Estado Português (na região traseira e à direita) e pela indicação da entidade utilizadora, tal como Decretado em Diário da República [23].

De acordo com o relatório 'Parque Automóvel' da ARS Norte realizado em 2011 [25]:

- o custo de reparação dos veículos afetos ao ACES Feira - Arouca, nesse ano, rondava os 2200€ (não somando valores de despesas com combustível, seguros e Via Verde);
- o rácio entre o número de prestações de serviços para o exterior e o número de viaturas disponíveis era de 4.2, demonstrando o grau de dificuldade na gestão da utilização dos veículos (naquele ano);
- o rácio entre o número de viaturas e o número de motoristas foi de 3 (tendo em conta que foram reveladas pelos ACES dificuldades em gerir os profissionais para realizar a condução dos veículos);

- naquele ano, o ACES Feira – Arouca encontrava-se nos três ACES pertencentes à ARS Norte com o menor número de viaturas face ao número de Unidades de prestação de cuidados que agrega;
- o ACES Feira – Arouca, naquele ano, encontrava-se também no grupo dos dois ACES com menor número de motoristas para a condução dos veículos disponíveis (sendo necessário recorrer a serviços de táxi regularmente, acrescentando valor às despesas);
- em 2010, os custos da ARS Norte em despesas de transporte pessoal para realização de serviços de saúde para o exterior, foram de cerca de 1,8 milhões de euros, dos quais 1,5 milhões de euros correspondem a deslocações com recurso a serviço de táxi – naquele ano, no ACES Feira – Arouca, foram realizados 29587 domicílios, com custos de transporte de cerca de 153.999€ (148.460€ em custos de serviço de táxi e 5.540€ em custos de viatura própria – correspondendo ao ACES que apresentou maiores custos com deslocação de pessoal);
- relativamente aos custos de transporte por domicílio realizado, o ACES Feira – Arouca, naquele ano, registou o valor de 5.20€ por cada domicílio (valor considerado elevado em relação aos restantes ACES incluídos na ARS Norte), tendo sido justificado pela falta de veículos e motoristas.

Desta forma, é passível de ser deduzido que a gestão da frota automóvel pode ser otimizada em diversos níveis.

CAPITULO IV. Trabalho Prático

Este Capítulo descreve todo o processo de criação da aplicação, referindo os processos utilizados para a recolha de dados, análise dos dados recolhidos e formulação do problema. É também descrito o funcionamento e a interface da aplicação.

4.1. Objetivo

Utilizando o Microsoft Office Excel e o Visual Basic como ferramentas, o objetivo principal consiste na criação de uma aplicação com o propósito de devolver a melhor afetação dos carros disponíveis às tarefas diárias programadas. Além disso, a aplicação permitirá manter um registo de todas as deslocações efetuadas, para que se mantenha um histórico da utilização das viaturas, para posterior comparações ou até mesmo cálculo de custos ou taxas de utilização. Esta aplicação será de simples utilização, apesar de envolver vários inputs necessários para a resolução do problema. Dada a relutância na utilização de ferramentas tecnológicas por parte dos funcionários da organização, é essencial a simplicidade da interface da aplicação assim como a nível de utilização.

4.2. Metodologia

Para a afetação das tarefas diárias às viaturas, necessária para o funcionamento da aplicação, foi criada uma matriz de distâncias (Anexo 5), entre os vários pontos de visita dos veículos. Estas distâncias são fornecidas pelo Google Maps ao inserir as duas moradas distintas das Unidades funcionais deste ACES.

Relativamente ao processo de afetação de rota e viatura, é usado o critério de proximidade, o que justifica a escolha pela matriz de distâncias que usa cada um dos pontos que representam as unidades funcionais. As deslocações dos carros não são sempre para as localizações das unidades funcionais, mas como não há disponibilidade de acesso à informação necessária dos pacientes (como moradas, por se tratar de informação confidencial), considerou-se que essas deslocações seriam sempre entre unidades, dada a proximidade entre os locais da realização dos serviços e a localização das unidades de saúde.

A chamada matriz de custos usada na maioria dos problemas do género é, neste caso, uma matriz de tempos e que foi obtida multiplicando a distância efetiva entre as unidades, presentes na matriz de distâncias, pela velocidade média de deslocação de 25km/h que permitiu chegar à Matriz no Anexo 6. Este valor de velocidade média foi considerado tendo por base uma análise aos valores de velocidade média, registados no computador de bordo de um veículo, em percursos similares aos praticados durante as tarefas.

4.2.1. Descrição do Processo Atual de Agendamento de Carro

O processo de agendamento de veículos é algo complexo porque varia de caso para caso e há muitos cancelamentos e variáveis a ter em conta, como por exemplo, o surgimento de tarefas com carácter prioritário e imobilizações por acidente ou dano nas viaturas.

O processo de reserva de uma viatura requer que seja feito um pedido, normalmente por correio eletrónico, que será respondido posteriormente, informando se será ou não facultada a viatura.

Existe um funcionário da UAG encarregue de receber e responder aos pedidos de reserva de viaturas e de alocar os motoristas e viaturas disponíveis. É importante reforçar que existem carros com serviços fixos, descritos de forma mais pormenorizada no decorrer do trabalho, e carros com afetações prioritárias e tarefas também prioritárias. O fator de necessidade de motorista ou a quantidade de passageiros é informação que tem que ser descrita no pedido de reserva, devido a existirem viaturas com apenas dois lugares, enquanto que a maioria é de cinco lugares.

O agendamento atual não considera a especificidade das tarefas, o que torna o sistema algo ineficaz, porque não têm em conta horas certas ou pelo menos previstas do uso dos veículos. Apesar disso, compreende-se esta particularidade, dada a natureza de alguns dos serviços, que torna o tempo necessário para a prestação do serviço e consequente tempo de utilização da viatura, imprevisível.

Apesar das tentativas da equipa em otimizar a gestão da frota disponível, o processo atual mostra-se ineficaz.

4.3. Recolha de dados

Na maioria das empresas há muita informação para ser analisada e tratada. Antes de recolher dados é necessário selecionar a informação que é realmente importante e efetuar um processo de análise e tratamento dos dados para os tornar em informação útil (“knowledge”) [26].

Nesta fase do trabalho, foi efetuado o levantamento e recolha de dados, de duas fontes diferentes. Numa primeira etapa a informação foi recolhida da agenda, utilizada para as marcações, onde são discriminadas apenas as viaturas e quem as pretende utilizar. Este procedimento é efetuado idealmente com alguns dias de antecedência e reforçado via correio eletrónico para a pessoa encarregue na UAG. Infelizmente existem muitos cancelamentos de última hora que contribuem em larga escala, para as taxas de não utilização das viaturas, apresentadas no ponto 4.4. deste trabalho.

Após terem sido facultados os mapas de utilização das viaturas, um documento da agência que monitoriza os Veículos do Estado, foi analisado o preenchimento destes mesmos documentos (em Anexo 2 para exemplo). Nestes documentos, foi possível monitorizar as deslocações para cada carro, nem sempre preenchido de forma correta pelo funcionário que usa o veículo. Pela grande quantidade de funcionários diferentes que utilizam e preenchem estas fichas, há também diferentes tipos de preenchimentos.

Outro problema é que por vezes, os itinerários efetuados não são descritos totalmente, isto é, são apenas descritos como “domicílios”. Idealmente, o preenchimento deste mapa deveria ter uma descrição detalhada da rota, contendo todas as localidades visitadas. Isto só acontece com mais frequência no veículo utilizado pela UCC, nomeadamente pela ECCL.

4.4. Análise de Dados

Durante a fase da recolha de dados, foi possível fazer um levantamento da utilização das viaturas, para seis meses (desde Julho até Dezembro de 2016). Neste período, foram preenchidos os mapas de utilização onde são registados os dados mais importantes: a data, hora e quilometragem de saída e de entrada. Estas informações possibilitaram calcular a taxa de utilização dos veículos, de forma a calcular o tempo de inutilização dos mesmos.

O acompanhamento das rotas é controlado através do documento Rotas de Motorista (Anexo 4) que, nem sempre é preenchido corretamente.

Outro documento de referência é o de aviso de avarias (Anexo 3), que deve ser preenchido quando se deteta alguma avaria nas viaturas para desencadear o processo de reparação da mesma. Este procedimento envolve o ACES, a ARS Norte e o mecânico escolhido.

O levantamento dos dados, introduzidos nos mapas de utilização das viaturas, revelou alguma despreocupação no seu correto preenchimento já que haviam bastantes dados introduzidos de forma incorreta, como por exemplo, os casos em que a hora de chegada da viatura é anterior à hora de saída, datas incorretas e escassez de informação na descrição das rotas. Desta forma, houve alguma dificuldade em obter dados, sendo apresentados alguns gráficos, organizados segundo os quilómetros percorridos, tanto por viatura (Gráfico à esquerda da Figura 4) como o total das viaturas, por mês (Gráfico à direita da Figura 4), e posteriormente relacionando as horas de utilização das viaturas face ao horário de trabalho.

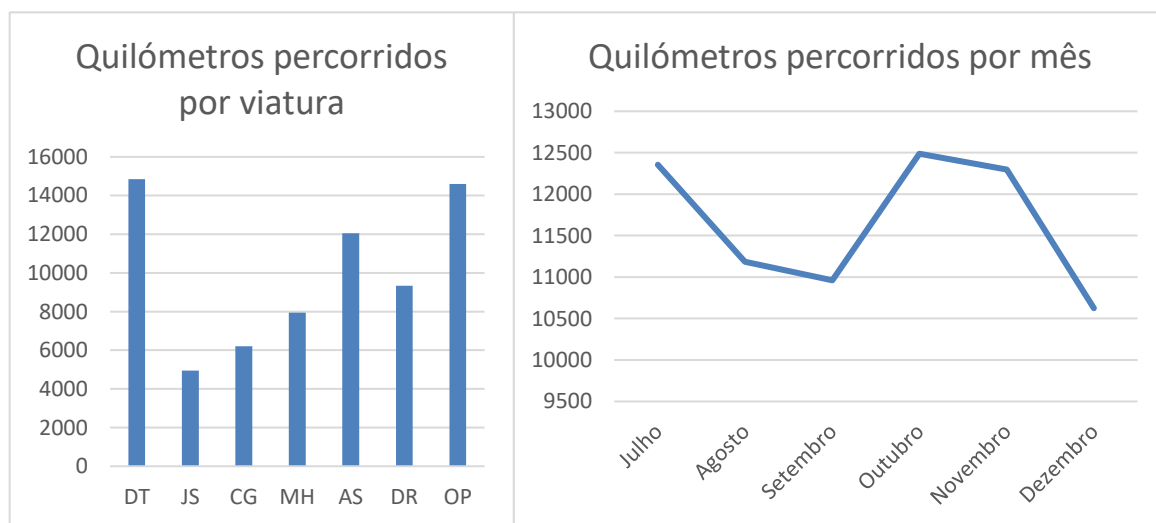


Figura 4 - Representação dos dados recolhidos relativamente aos quilómetros percorridos: por cada viatura (à esquerda) e por cada mês (à direita)

Relativamente aos quilómetros percorridos, as viaturas de destaque são as denominadas por DT e OP, sendo visível também a pouca quilometragem percorrida pelas viaturas JS e CG. Neste indicador são visíveis as diminuições, já esperadas, nos meses de férias (Agosto e Setembro) quando, no gráfico da direita, são apresentados valores claramente mais baixos do que nos restantes meses, bem como no mês de Dezembro que atinge um valor muito baixo de quilómetros percorridos.

Para o cálculo do indicador da taxa de utilização das viaturas, foram tomadas algumas decisões quanto aos dados recolhidos, nomeadamente quanto aos dados que não eram possíveis de ler ou que reuniam algumas incoerências. Estes casos, estes dados foram considerados ruído, logo descartados. Esta decisão faz diminuir, ainda que em pequena escala, a taxa de utilização das viaturas.

Para o cálculo da taxa de utilização de cada veículo ("% Utilização"), foi considerado o número máximo de horas de trabalho ("Máximo [horas]" – que está dependente do horário de funcionamento da unidade) e o número de horas de trabalho efetivo ("Nº Horas trabalho") (como mostra a Tabela 2). Este estudo foi realizado, separadamente, para cada veículo (coluna da esquerda da Tabela 2) e para cada mês (coluna da direita da Tabela 2), o que permite determinar o número de horas máximo que cada viatura poderia operar, comparativamente ao tempo de trabalho efetivamente registado.

Carro	Nº horas trabalho (h:min)	% utilização	Máximo (horas)	Mês	Nº horas trabalho (h:min)	% utilização	Máximo (horas)
DT	784:52	51,91%	1512	Julho	713:18	40,44%	1764
JS	408:17	27,00%	1512	Agosto	706:27	38,23%	1848
CG	590:25	39,05%	1512	Setembro	708:14	38,32%	1848
MH	613:53	40,60%	1512	Outubro	759:39	45,22%	1680
AS	632:31	41,83%	1512	Novembro	739:35	41,93%	1764
DR	606:33	40,12%	1512	Dezembro	688:06	40,96%	1680
OP	678:48	44,89%	1512	total	4315:19	40,77%	10584
total	4315:19	40,77%	10584				

Tabela 2 - Relação entre o número de horas com: cada viatura (à esquerda) e cada mês (à direita)

Esta estatística permite observar uma elevada percentagem de inutilização, assim como permite determinar qual os veículos da frota, alvo de maior inutilização, identificando o veículo denominado por JS.

A Tabela 2 mostra que o número de horas de trabalho em cada mês difere, dado que o número de dias úteis em cada mês ser também diferente.

Como seria espectável, foram obtidos valores inferiores ao habitual nos meses de Agosto e Setembro, com valores perto dos 38%, devido ao decréscimo do número de domicílios e pela diminuição de afluência às unidades. Desta forma, em Outubro existe uma taxa de utilização superior, cerca de 45,22%, que se supõe dever-se ao período pós-férias em que surgem tarefas adiadas por não ter sido possível realizá-las no período de férias.

Relativamente ao estudo da utilização efetiva das viaturas foi possível elaborar o gráfico seguinte (Figura 5), onde se relaciona cada carro (em cada mês) com os quilómetros percorridos e o tempo de utilização.

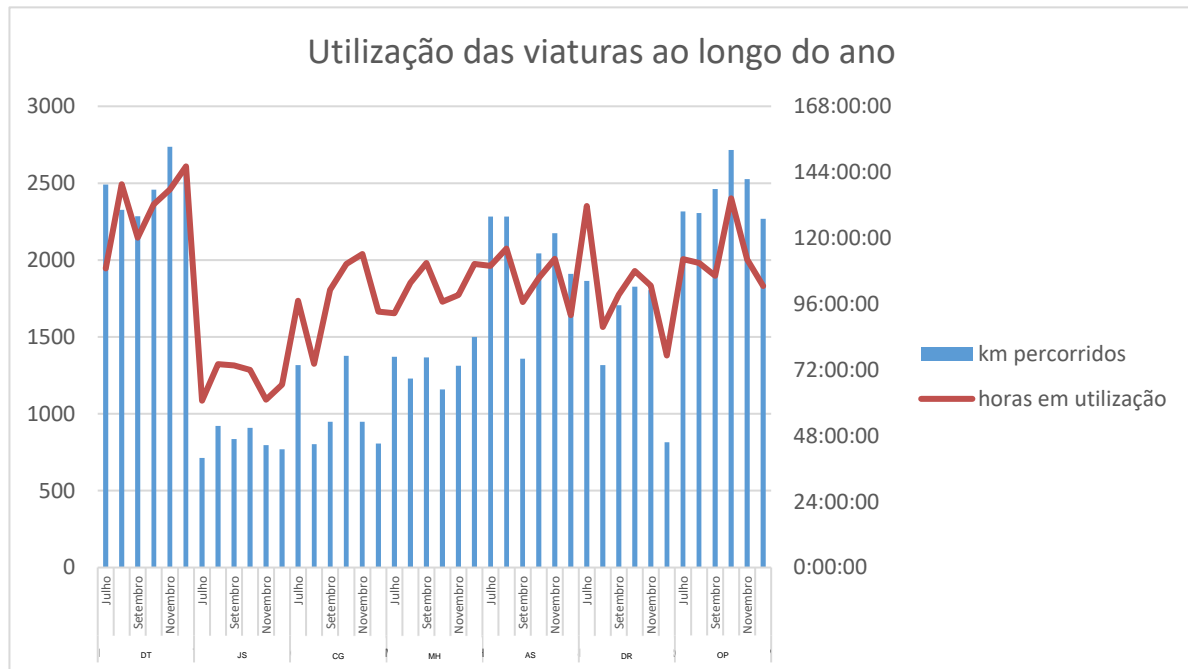


Figura 5 - Representação da utilização das viaturas ao longo do ano

Através da análise do gráfico, é possível concluir que os veículos DT e OP realizam o maior número de quilómetros percorridos, assim como reúnem o maior período de utilização. Os dados observados relativamente ao veículo OP são justificados pela sua atribuição às unidades de Arouca, uma vez que o meio envolvente acarreta maior distância entre pontos.

O gráfico permite também perceber que os veículos JS, CG e MH percorrem um menor número de quilómetros face ao tempo de utilização. Esta relação pode ser justificada pela frequência com que são destacados para serviços domiciliários, de natureza demorada por se tratarem de prestação de cuidados de saúde.

De forma a analisar a taxa de utilização de cada veículo durante o período laboral, no decorrer dos seis meses estudados, foi criada a seguinte tabela (Tabela 3). Para os seguintes dados não foram incluídas utilizações em feriados e fins-de-semana, tendo sido considerado um horário laboral das 8 às 20 horas (dividido em 24 períodos de 30 minutos).

Horário	AS	CG	DR	DT	JS	MH	OP	total
8:00-8:30	21,43%	19,05%	11,90%	7,94%	11,90%	5,56%	7,14%	12,13%
8:30-9:00	38,10%	40,48%	34,92%	64,29%	40,48%	12,70%	34,92%	37,98%
9:00-9:30	68,25%	50,79%	53,97%	87,30%	50,00%	48,41%	55,56%	59,18%
9:30-10:00	81,75%	70,63%	67,46%	88,10%	42,06%	93,65%	65,08%	72,68%
10:00-10:30	80,16%	69,05%	69,05%	88,89%	52,38%	96,83%	76,19%	76,08%
10:30-11:00	77,78%	67,46%	65,87%	89,68%	59,52%	96,83%	72,22%	75,62%
11:00-11:30	71,43%	64,29%	61,90%	88,10%	41,27%	96,83%	59,52%	69,05%
11:30-12:00	61,90%	61,90%	57,14%	80,95%	34,92%	92,86%	64,29%	64,85%
12:00-12:30	47,62%	46,03%	48,41%	57,14%	37,30%	82,54%	54,76%	53,40%
12:30-13:00	40,48%	42,06%	41,27%	40,48%	34,13%	72,22%	46,83%	45,35%
13:00-13:30	44,44%	42,86%	35,71%	42,86%	42,06%	38,89%	55,56%	43,20%
13:30-14:00	54,76%	49,21%	39,68%	58,73%	27,78%	18,25%	61,11%	44,22%
14:00-14:30	63,49%	52,38%	61,11%	71,43%	43,65%	24,60%	70,63%	55,33%
14:30-15:00	66,67%	49,21%	64,29%	73,81%	42,86%	38,89%	65,08%	57,26%
15:00-15:30	57,14%	44,44%	58,73%	73,02%	28,57%	40,48%	59,52%	51,70%
15:30-16:00	41,27%	38,89%	50,79%	66,67%	20,63%	38,10%	54,76%	44,44%
16:00-16:30	29,37%	35,71%	40,48%	49,21%	15,87%	26,19%	48,41%	35,03%
16:30-17:00	20,63%	30,16%	26,98%	31,75%	11,11%	16,67%	42,86%	25,74%
17:00-17:30	11,90%	20,63%	19,84%	6,35%	5,56%	10,32%	30,16%	14,97%
17:30-18:00	7,14%	17,46%	15,87%	5,56%	4,76%	7,14%	21,43%	11,34%
18:00-18:30	5,56%	8,73%	7,94%	3,17%	11,11%	2,38%	14,29%	7,60%
18:30-19:00	4,76%	4,76%	5,56%	1,59%	7,14%	1,59%	6,35%	4,54%
19:00-19:30	3,97%	1,59%	3,97%	0,79%	3,17%	0,79%	1,59%	2,27%
19:30-20:00	2,38%	0,79%	1,59%	0,79%	3,17%	0,79%	0,00%	1,36%

0 - 9,9	
10 - 19,9	
20 - 29,9	
30 - 39,9	
40 - 49,9	
50 - 59,9	
60 - 69,9	
70 - 79,9	
80 - 89,9	
90 - 100	

Tabela 3 - Taxa de Utilização dos veículos durante o horário de trabalho

Tendo em conta a escala de tons utilizada na legenda, é possível concluir que no período da manhã (essencialmente entre as 9:30 e 12:00) existe uma maior taxa de utilização comparativamente aos restantes períodos, menos acentuada no veículo JS. Ainda que não tão significativas, é possível destacar que o período pós almoço é também alvo de taxas de utilização mais elevadas (nomeadamente entre as 13:30 e 15:30).

Os dados recolhidos relativamente aos dois primeiros períodos da manhã, revelam uma baixa taxa de utilização que corresponde a uma diferença de 30 minutos a 1 hora, entre o início do período laboral e o início da prestação de serviços no exterior. Como forma de contornar esta diferença (tornar os primeiros períodos da manhã mais uteis) e otimizar os recursos, a atribuição das tarefas com o software desenvolvido inicia-se às 8:00 horas, o que contribuirá para aumentar as taxas de utilização registadas.

A Tabela 3 permite ainda destacar dois veículos cuja taxa de utilização está aquém do que seria ideal, uma vez que apresentam taxas de utilização baixas (viaturas JS) ou grandes períodos de inutilização (como observado no período da tarde da viatura MH). Estes dados permitem corroborar a falha na gestão da afetação de viaturas, uma vez que as viaturas referidas se encontram fora de controlo da UAG.

4.5. Formulação do problema

O objetivo principal é desenvolver uma ferramenta que permita aumentar o controle e eficiência da atribuição de viaturas aos técnicos de saúde, face às necessidades dos domicílios diários da organização. Desta forma, identificaram-se como dados de entrada os carros disponíveis (os que não se encontram acidentados ou alvo de reparações mecânicas) e as tarefas diárias a cumprir por profissionais da organização (Figura 6).

Estas tarefas podem ser caracterizadas como urgentes, sendo associadas de imediato a uma viatura. Isto é, se uma tarefa no input tem prioridade na associação a uma das viaturas e essa viatura está presente no input (ou seja, disponível), esta associação deve ser estabelecida de forma a ser garantida.

Relativamente à definição das tarefas, o seu agendamento é efetuado por um funcionário responsável para o efeito, como já mencionado anteriormente. Por forma a simplificar o modelo e consequentemente a diminuir o tempo computacional, as tarefas são definidas da seguinte forma: um serviço corresponde, por exemplo, a um atendimento domiciliário com determinadas características, que necessita de recursos humanos (pessoal de saúde) e que tem uma determinada localização (zona do centro de saúde correspondente) e dentro de um determinado horário. Assim, sempre que existe mais do que um serviço para a mesma zona e à mesma hora, estes vão sendo agrupados até um máximo de 4 pessoas, este conjunto de serviços, vai corresponder a uma tarefa. Desta forma uma tarefa pode ser composta por mais do que um serviço, na mesma zona e à mesma hora, e serem atribuídos a um mesmo carro.

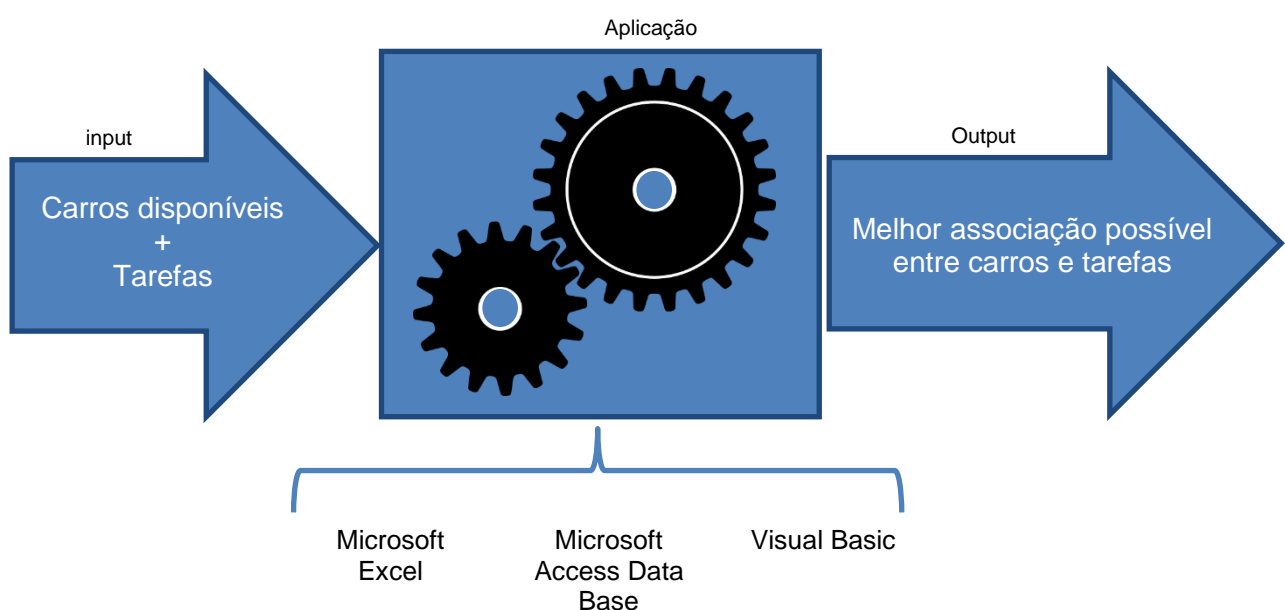


Figura 6 - Esquema do funcionamento da aplicação

As variáveis não controláveis são definidas como as que não podem ser alvo de restrições, uma vez que é impossível implementar métodos de previsão sobre as mesmas. Na prática, estas variáveis são difíceis de identificar e impossibilitam a realização da tarefa planeada por razões inesperadas, como acontece com os cancelamentos de tarefas. Da mesma forma que o cancelamento de tarefas altera a estruturação do planeamento, também o surgimento de novas tarefas de carácter urgente o podem alterar, incluindo nestes casos, transportes de mercadorias não previstos ou assistência a pacientes não agendados.

4.5.1. Modelo Matemático

Para desenvolvimento do modelo de programação linear inteira para a afetação das tarefas aos veículos, recorreu-se a dois softwares: o CPLEX (no Anexo 13) para desenvolvimento e teste do modelo; ao Solver do Excel, para posterior implementação do modelo e integração com os algoritmos, com recurso ao Visual Basic para a implementação e desenvolvimento da aplicação.

No problema em questão temos um conjunto de tarefas $T = \{1, \dots, ts\}$ e um conjunto de veículos $V = \{1, \dots, nv\}$. Cada serviço/tarefa dependendo das suas características, tem um determinado tempo associado. Esse tempo considera não só o tempo necessário para efetuar o domicílio, mas também o tempo médio de viagem entre o centro e o local do mesmo. Assim, considera-se t_i o tempo necessário para executar a tarefa i e n_i como o número de pessoas associadas à execução da tarefa i . Cada veículo é caracterizado por: $TMax_j$, que é o tempo máximo permitido para os veículos executarem as tarefas que lhe são afetas, isto é, o número de horas diárias de trabalho é considerado o limite de tempo para a execução de todas as tarefas por veículo; e pela sua capacidade máxima, C_j , sendo esta capacidade máxima o número de pessoas que podem utilizar em simultâneo o veículo.

Como em qualquer problema de afetação, temos a seguinte variável de decisão:

$$x_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{se a tarefa } i \text{ é atribuída ao veículo } j \\ 0, & \text{senão} \end{cases}$$

Assim, a formulação matemática do problema em questão é apresentada em seguida:

$$\text{Min} \sum_{i=1}^{ts} \sum_{j=1}^{nv} t_i \times x_{ij} \quad (1)$$

s. a:

$$\sum_{j=1}^{nv} x_{ij} = 1, \forall i \in T \quad (2)$$

$$\sum_{i=1}^{ts} x_{ij} \times n_i \leq C_j, \forall j \in V \quad (3)$$

$$\sum_{i=1}^{ts} t_i \times x_{ij} \leq TMax_j, \forall j \in V \quad (4)$$

$$x_{ij} \in \{0,1\} \quad (5)$$

O objetivo (Equação 1) é minimizar o tempo total necessário para efetuar todas as tarefas diárias afetas aos veículos disponíveis. Para isso, devem ser consideradas algumas restrições. A primeira está relacionada com a afetação das tarefas aos carros, isto é, cada tarefa só pode ser afeta a um único carro (Equação 2). Além disso, cada carro tem uma capacidade máxima (em termos de número de pessoas) que não pode ser excedida (Equação 3) e um tempo máximo de circulação (corresponde ao número de horas diárias de trabalho) que não pode ser excedido (Equação 4). O tempo total de uso de um veículo depende não só do tempo de deslocação entre o centro e os domicílios, como também do tempo médio de cada um dos serviços. Este tempo é previamente definido (t_i) e associado a cada uma das tarefas. A última equação é referente ao domínio da variável de decisão (Equação 5).

4.6. Aplicação desenvolvida

Para que o software pudesse ser utilizado pelos funcionários do ACES, não só para o planeamento dos serviços ao exterior, mas também para que estes fiquem registados num histórico para controlo e futuro planeamento, foi necessário desenvolver uma aplicação com uma interface intuitiva e de fácil utilização (secção 3.6.2).

Assim, os algoritmos desenvolvidos, tiveram em consideração não só a resolução do problema em causa, mas também os requisitos dos utilizadores tanto a nível de inputs como de outputs.

Relativamente aos outputs do planeamento dos serviços a realizar no exterior do ACES, estes são apresentados numa folha de Excel (Anexo 7), onde é dada a afetação ótima das tarefas a realizar, às viaturas, de acordo com os resultados obtidos no modelo (secção 3.5). Para isto, o funcionário deve preencher, na interface da aplicação, alguns campos de preenchimento obrigatório (inputs) do dia e das horas previstas de entrada e saída para o cumprimento das tarefas. Para definir os inputs é necessário acionar o botão “Menu” de maneira a ter acesso ao Menu Principal da aplicação (Anexo 8). Depois de definidos os inputs, basta selecionar o botão “Resolver” para se obter um planeamento diário. Ao selecionar este botão, o programa chama uma abordagem híbrida (secção 3.6.1) que integra o modelo matemático de afetação com um algoritmo. Esta abordagem híbrida vai permitir trabalhar os dados, simplificando o problema a resolver, otimizando assim todo o processo de resolução, de maneira de diminuir os tempos computacionais necessários à execução e resolução do modelo matemático.

4.6.1. Abordagem Híbrida

No Menu Principal da aplicação, o utilizador define as variáveis de entrada, no que respeita a viaturas disponíveis e a tarefas a ser cumpridas. Após a definição dos dados de entrada chama-se a abordagem desenvolvida, através do botão “Resolver”. Esta abordagem é composta por um algoritmo que, em primeiro lugar, vai verificar a existência de tarefas prioritárias. Caso existam, estas tarefas são atribuídas aos veículos correspondentes. Existem carros que têm de ser sempre atribuídos a determinadas tarefas (Figura 7). Assim sempre que estas são selecionadas (como dado de entrada) automaticamente é considerada com tarefa prioritária e é-lhe atribuído o veículo correspondente.

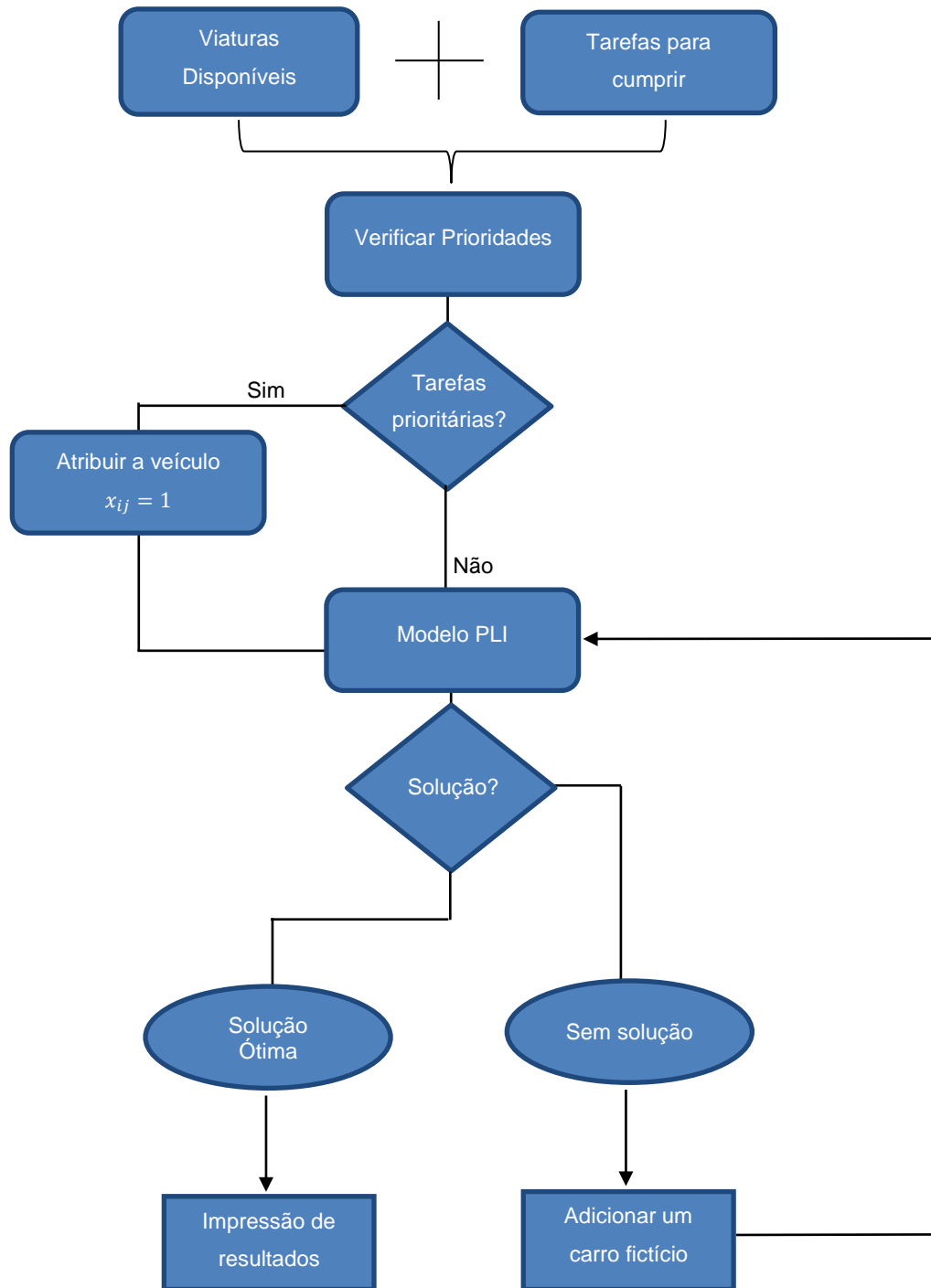


Figura 7 - Fluxograma da abordagem híbrida

Em seguida, é criada a matriz dos tempos necessários para a execução das tarefas de acordo com os dados de entrada (secção 3.6.2) e chamado o modelo de programação linear para a afetação das tarefas aos carros.

Caso o modelo encontre uma solução, então esta é disponibilizada ao utilizador (Figura 7). Caso contrário, é porque o modelo não obteve uma solução, o que pode significar que o número de carros disponíveis não é suficiente para todas as tarefas. Neste caso, o algoritmo, recursivamente vai criando carros fictícios até encontrar uma solução (ciclo recursivo). No final, para cada carro fictício criado, o algoritmo sugere ao utilizador, a necessidade de existirem carros extra para o cumprimento das tarefas estabelecidas, caso estas tenham mesmo de ser efetuadas nesse dia. A pessoa responsável pela afetação dos carros às tarefas terá de decidir se esses serviços irão ser feitos recorrendo a táxis (ou carros privados) ou se podem ser reescalonados para o dia seguinte.

4.6.2. Descrição da Interface

A ideia principal desta aplicação, é que ajude e facilite ao funcionário a atribuição dos carros aos serviços domiciliários dos utentes. Assim, a o software encontra-se feito para permitir a impressão de resultados obtidos pela abordagem descrita anteriormente. Estes resultados podem ser alterados bem como manipulados sem ser necessário recorrer ao algoritmo. Este requisito foi imposto pela gestão do ACES, servido o software como um apoio à decisão.

Além dos dados de entrada que têm de ser introduzidos pelo funcionário, existem outros que são de preenchimento automático. O preenchimento automático da hora de saída da primeira tarefa de cada viatura é coincidente com o início do período laboral das unidades pertencentes ao ACES (8 horas da manhã). O tempo de finalização desta tarefa, coincidente com o tempo de início da tarefa seguinte para o mesmo carro, é calculado tendo em conta a duração da tarefa e a duração das viagens. A duração de cada tarefa consta na base de dados, através do preenchimento dos campos visíveis na Figura 8. Ao preencher os **“Pontos de Passagem”**, o **“Tempo Intermédio”** é preenchido automaticamente com a duração total das viagens. O utilizador deve estimar de seguida o tempo de paragem em cada ponto e preencher o campo do **“Tempo de Serviço”** com a duração total das paragens. Desta forma o campo **“Tempo Total”** indicará automaticamente a duração da tarefa.

Figura 8 - Menu de Inserção de uma nova Tarefa

O valor da coluna da hora de chegada é a soma do tempo total necessário para levar a cabo a tarefa, tendo em conta o horário de saída da viatura.

A coluna da data está formatada para aceitar a introdução de dados apenas no formato dia-mês-ano e é preenchida automaticamente sempre que a aplicação é aberta no dia em que é usada. As colunas que dizem respeito à “**Tarefa**” e “**Carro**” são preenchidas após a execução da abordagem híbrida (ponto 4.6.1), descrito de seguida no ponto 4.6.4 (Microsoft Excel e Solver) deste capítulo. No entanto, o utilizador pode editar estes campos manualmente.

A última coluna foi criada para preenchimento de possíveis observações ou esclarecimentos que o utilizador possa querer deixar, como no caso de possíveis atrasos ou por observações relativas ao condutor.

No “Menu Principal” são definidos o número de tarefas a realizar e o número de veículos disponíveis, ambos identificados anteriormente como inputs. Também neste menu é possível fazer a navegação até aos separadores de “**Inserir uma Nova Tarefa**” e “**Editar Carro**” (Figura 9). Além disso, é permitido ao utilizador eliminar ou adicionar um novo carro à frota, definindo a matrícula, marca e número de lugares máximo.

Figura 9 - Menu de edição de Carro

Mesmo sendo impressos os resultados no histórico, o “Menu Principal” permite ter acesso a uma janela com os inputs já associados, na forma de resultados/sugestão de afetação.

À semelhança do que ocorre no “Menu Principal”, todos os restantes menus apresentam um botão, que permite a limpar os campos de preenchimento, assim como um botão de retorno à página anterior (Figura 10). Ao acionar este último botão é sempre pedida a confirmação do utilizador, alertando para uma possível perda de dados.

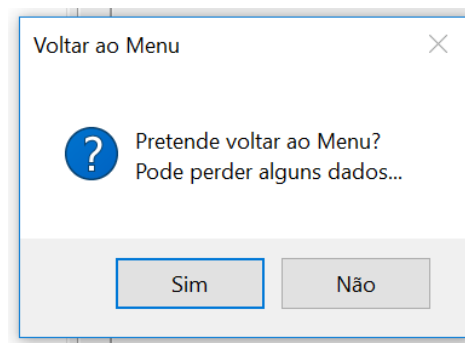


Figura 10 - Menu de confirmação de retorno à saída

Existe ainda uma janela de carácter informativo (Anexos 9), que permite ações mais confidenciais, como por exemplo, a consulta das moradas de cada uma das unidades disponíveis.

4.6.3. Base de Dados - Access

A criação de uma base de dados torna a aplicação no Microsoft Office Excel mais leve e permite também proteger os dados que seriam alvo de edição livre por parte do utilizador. Apesar de ser permitida, a edição é limitada a determinados campos, tratando-se assim de uma edição controlada previamente estabelecida na programação.

A etapa com maior importância da definição da base de dados é a construção de tabelas e relações entre as mesmas, o que se encontra resumido na Figura 11, apresentada de seguida.

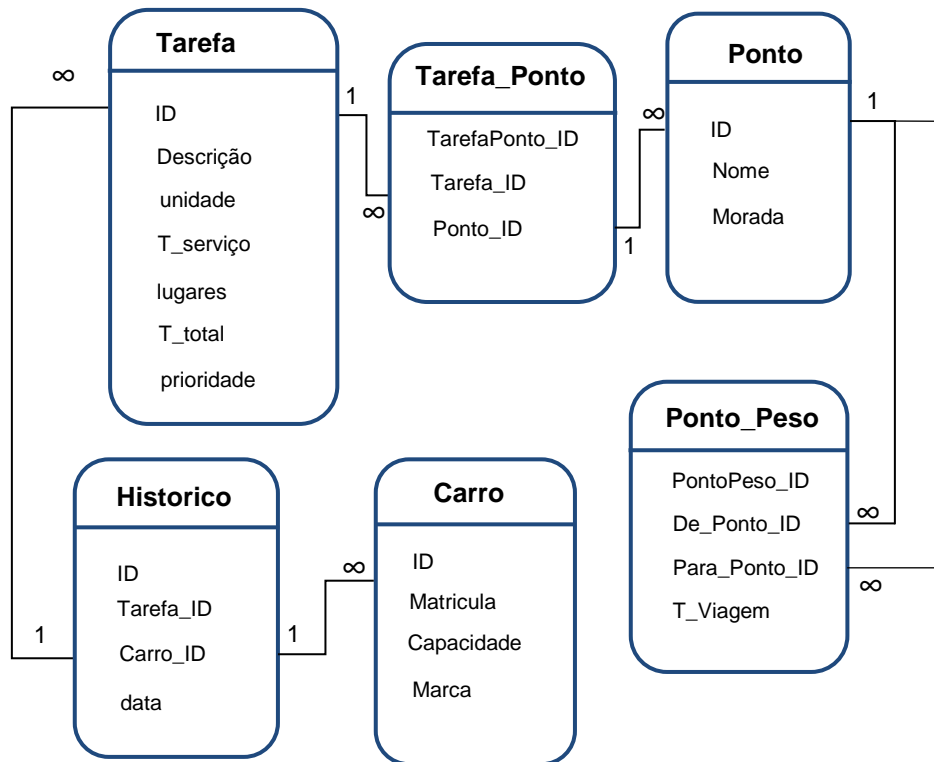


Figura 11 - Relações presentes na Base de Dados

Apesar de bastante intuitivo, o esquema das relações entre as várias tabelas da base de dados apresenta as ligações entre os diferentes grupos de informação que constituem a base de dados, nomeadamente a listagem de tarefas, pontos de visita, carros, relação entre as tarefas e os pontos de visita assim como a relação entre estes pontos e a distância entre eles (Peso). Estas tabelas apresentam na sua constituição as variáveis necessárias para o funcionamento do fluxo de informação dentro da base de dados.

De salientar a tabela referente ao Histórico, que corresponde ao resultado da ferramenta desenvolvida e que fornece o output da aplicação e onde são armazenados os dados das associações escolhidas.

A comunicação/ligação do programa com a Base de Dados estabelece-se sempre com base no código presente na Figura 12, apenas existindo variação no excerto de texto presente no comando SQL.


```
Dim cn As Object, rs As Object, output As String, sql As String

Set cn = CreateObject("ADODB.Connection")

With cn
    .Provider = "Microsoft.ACE.OLEDB.12.0"
    .ConnectionString = "Provider=Microsoft.ACE.OLEDB.12.0;" & _
        "Data Source=C:\Users\Jorge\Desktop\ACCESS E VBA\Databasel.accdb"
    .Open
End With
sql = "SELECT t_total FROM Tarefa WHERE descricao="" & descriç & """"
Set rs = cn.Execute(sql)

cn.Close
Set cn = Nothing
Set rs = Nothing
```

Figura 12 - Código da interação com a Base de Dados

Como por exemplo, este excerto SQL:

"SELECT t_total FROM Tarefa WHERE descricao="" & descriç & """, permite ao utilizador selecionar a variável t_total da tabela Tarefa, que corresponde ao tempo total que uma tarefa demora a ser efetuada, quando a descrição dessa mesma tarefa corresponde ao valor da variável descriç. O valor desta última variável corresponde a uma forma de distinção da tarefa em causa das restantes presentes na tabela Tarefa da Base de Dados.

4.6.4. Adaptação do Microsoft Excel ao Solver

Ao utilizar o Solver para implementação do modelo, é essencial que se formate o espaço de trabalho onde se encontram os dados que o Solver necessita. Desta forma, é criada uma folha temporária pela função "CriarFolhaCalculo", formatada como mostra a Figura 13. Depois de se obter o valor da solução, esta folha é eliminada com recurso à função "ElimFolhaCalculo". Esta área de trabalho está descrita na Figura 13 e ajuda a esquematizar a formatação utilizada.

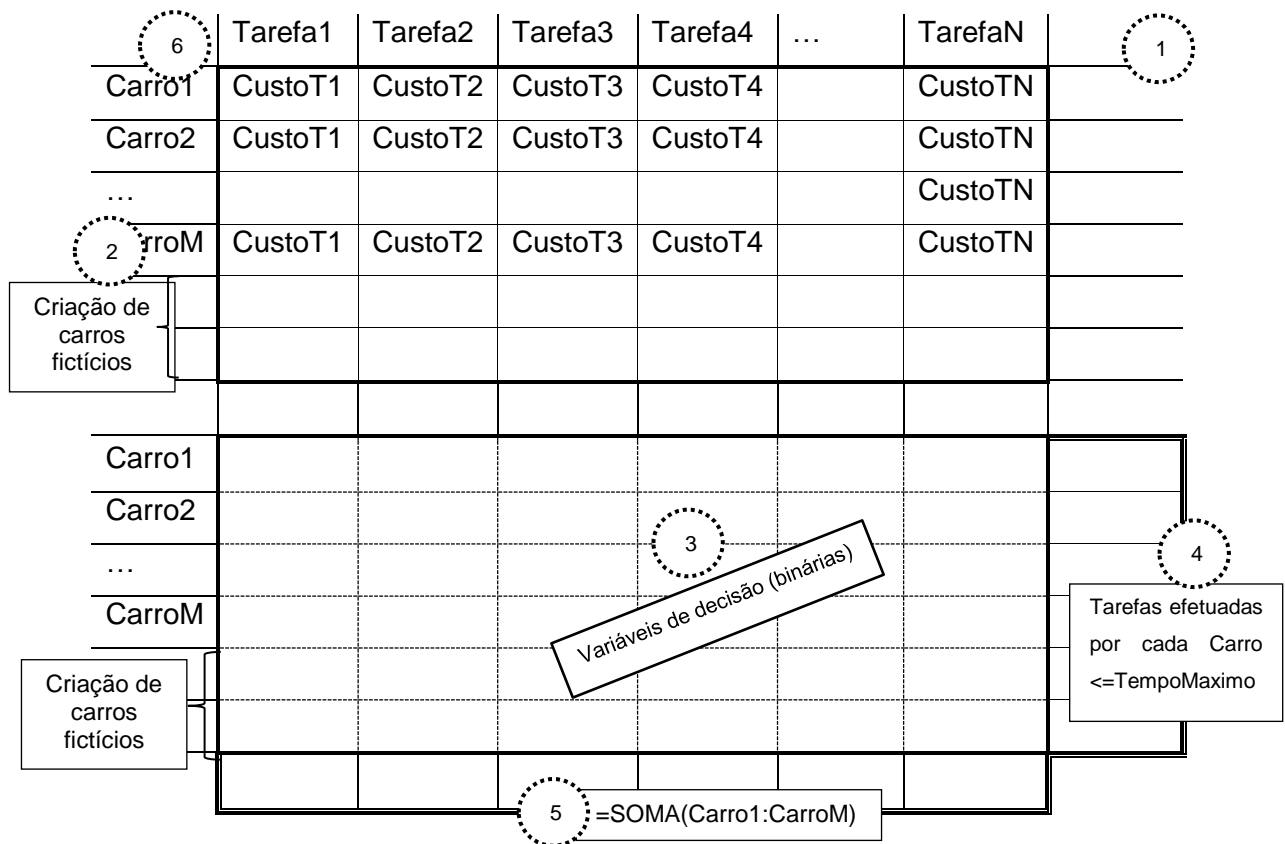


Figura 13 – Representação da área de trabalho do Solver

Na Figura 13, identificado com 1, estão presentes os custos da associação entre o “Carro” e a “Tarefa”. Neste problema, os custos representam tempos que correspondem à duração das tarefas.

Para o preenchimento da referida matriz, é necessário listar as descrições das tarefas na primeira linha (função “PrintTarefas”) e na primeira coluna colocam-se os diferentes carros disponíveis (função “PrintMatriculas”).

O processo de impressão das viaturas e tarefas é similar para a matriz secundária, assinalada com 3 com formato similar à anterior. O seu preenchimento é automático e de acordo com o resultado obtido pelo modelo matemático, logo, o seu preenchimento consiste em valores binários (1 ou 0). Assim, estas variáveis têm o valor igual a 1 quando a associação entre o carro (linha correspondente) e a tarefa (coluna correspondente) é efetuada, e valor igual a 0 quando a associação não acontece.

As matrizes descritas poderão também incluir a criação de carros fictícios, impressos tal como representado em 2 (Figura 13). Isto quando, tal como explicado na abordagem híbrida (ponto 4.6.1), o modelo não apresenta solução por não haver carros disponíveis suficientes.

O tempo limite para o funcionamento das viaturas é definido na última coluna, assinalada com 4 (Figura 13), correspondendo ao somatório da multiplicação dos valores das duas matrizes. Obtém-se assim a soma dos tempos das afetações efetuadas, que é limitado ao tempo máximo de trabalho diário que corresponde às 12 horas, e por consequência o valor da função objetivo (ponto 4.5).

De forma a que se garanta a execução das tarefas, é necessário que a zona assinalada com 5 (Figura 13) seja preenchida pelo valor 1 em todas as células, em que cada uma destas corresponde ao resultado da soma dos valores (binários) das células anteriores (pertencentes à matriz secundária). Esta soma é conseguida através da função “SomaColunas”.

A Função Objetivo baseia-se na obtenção da soma dos valores das associações entre carros e tarefas e obtém-se com a função “SomarProduto” do Excel com o argumento da função a corresponder à matriz primária e secundária já devidamente formatadas.

Existem outras pequenas funções, que permitem o bom funcionamento da aplicação, como por exemplo, “DadosCarro” e “DadosTarefa”, estas funções permitem imprimir na folha ‘Dados’ todos os valores presentes na Base de Dados das viaturas e tarefas existentes. Mais um exemplo destas funções é a “contcol” (Figura 14) e “contlin” (semelhante à função da Figura 14, mas para contagem de linhas) que permitem obter um método de contagem quanto às tarefas e viaturas escolhidas e é usada depois em todos os passos que envolvem formatação de acordo com as matrizes.

```
'=====
'      contar quantas tarefas são (colunas foram criadas)
'=====
Function contcol() As Integer
    With ActiveSheet
        contcol = .Cells(1, .Columns.count).End(xlToLeft).Column - 2
    End With
End Function
```

Figura 14 - Função de contagem

Durante a resolução é necessário verificar a existência de prioridades, nas tarefas e viaturas, selecionadas pelo utilizador e é através da função “Prioridades” (no código presente no Anexo 10 pode ver-se a função a ser chamada) que se conseguem atribuir essas associações antes de se chamar o modelo matemático, tal como explicado na abordagem híbrida (ponto 4.6.1). Esta e outras funções são chamadas na função “AddiSolver” (Anexo 11) criada para chamar cada uma das funções necessárias de uma forma cronológica de acordo com o pretendido.

4.6.5. Solver

Com toda a formatação concluída nas funções anteriores, pode ser fornecida a informação ao Solver e carregadas as restrições. No Anexo 11, é visível como é efetuada esta ligação ao Solver com comentários precedidos de ‘, assim como comentários assinalados a verde.

A primeira etapa da função “AddiSolver” é eliminar todas as informações anteriores que possam estar armazenadas no Solver, referentes a alguma resolução anterior, com o comando “SolverReset”. No passo seguinte, define-se a célula da função objetivo com o “setCell”, esclarece-se qual o objetivo atribuindo um valor a MaxMinVal (segundo a Tabela 4) e quais as células alvo de mudança (“bychange”) para obter a solução.

Valor do MaxMinVal	Significado
1	Maximize
2	Minimize
3	Match a specific value

Tabela 4 - Relação de MaxMinVal

Para garantir que os valores da matriz secundária assinalados na Figura 13 são binários, adiciona-se esta restrição para garantir que as tarefas são cumpridas, já com a formatação anterior, basta referir que estas células têm que ter o valor 1.

As associações prioritárias são alocadas se a variável do tipo boolean for verdadeira, o que indica que existem tarefas com prioridade. Se acontecer, é adicionada a restrição do par tarefa-viatura na célula com a coluna e linha correspondentes, tornando o seu valor igual a 1.

A função “SomaLinMatriz” assegura e estabelece o valor máximo de tempo de trabalho indicado anteriormente, que corresponde ao tempo máximo de trabalho nas viaturas, por dia. Por outro lado, a função “MultiMatrizes” chamada posteriormente, define a célula da função objetivo como sendo o resultado da multiplicação das matrizes, como explicado anteriormente.

Por fim, é chamada a resolução do Solver com o comando “SolverSolve”, em que o argumento UserFinish com valor verdadeiro evita a janela intermediária de resultado que o programa normalmente apresenta, desnecessária, pelo menos para o utilizador da aplicação.

O retorno da “AddiSolver” é a variável retsol que corresponde ao valor de retorno do Solver que pode corresponder aos valores presentes na Tabela 5 do Anexo 12. Enquanto este valor não é igual a 0, 1 ou 14 (resultado desejável), o Solver ainda não encontrou uma solução para o problema, então é preciso voltar a correr o programa adicionando uma viatura fictícia. Este ciclo está descrito no fluxograma da abordagem híbrida (Figura 7) e distingue-se da função “AddiSolver” pela não criação e eliminação da folha temporária, já que se usa a mesma com a alteração da adição das viaturas fictícias. Esta etapa do ciclo deve-se à função “ResolverAParte” (como pode ser observado no Anexo 10).

A última função chamada, denominada “AssociaCT”, permite a comunicação dos resultados na caixa própria do Menu e a sua impressão na folha “Histórico”, criada para consulta e edição dos dados, caso sejam alvo de alterações.

5. Discussão de Resultados

Para apurar a eficiência do programa quanto à sua qualidade nas sugestões que propõe, deve ser feita uma comparação com as associações carros / serviços domiciliários, efetuados na realidade. A análise de ambos os tipos de solução revela diferenças no que toca às motivações e objetivos ao estabelecer as próprias associações. Ao delinear as soluções pelo método até agora usado na organização, as requisições de viatura são feitas à UAG e atribuídas respeitando prioridades, caso existam.

Existe alguma preocupação em deixar as viaturas ocupadas na maior parte do tempo, mas muitas vezes as tarefas não são bem descritas ou planeadas, pelo que as viaturas acabam por ficar disponíveis mais cedo do que o suposto e ficam sem utilização.

O que é planeado previamente pela unidade torna-se praticamente impossível de cumprir pela falta de compromisso dos participantes e pela imprevisibilidade das tarefas. Apesar de ser observada alguma despreocupação, é injusto atribuir responsabilidades apenas aos intervenientes porque as atividades levadas a cabo têm de alguma forma associada alguma imprevisibilidade.

Como forma de valorizar as horas em que as viaturas não foram utilizadas, foi criado um cenário provável segundo as seguintes condições: ocupação diárias de todas as viaturas das 9 até às 17 horas com uma hora e meia de tempo livre para troca de passageiros. Estas condições resultaram em 819 horas para cada viatura ao longo dos seis meses estudados, representadas no gráfico da Figura 15 como o valor 100%. Através dos dados recolhidos obtiveram-se as percentagens de ocupação das viaturas durante o período estudado (a vermelho) e permitiu obter a percentagem de tempo livre das viaturas (a azul). Este tempo livre poderia ter sido utilizado ao invés da utilização de viaturas de aluguer e valorizando-o podemos perceber a escala de custos que poderiam ter sido evitados ao garantir uma melhor gestão das viaturas. Segundo a ANTRAL (Associação Nacional dos Transportes Rodoviários em Automóveis Ligeiros), o preço por hora é 14,80€ e assim obteve-se um total de 20.971€ correspondendo a 1.417 horas não produtivas.

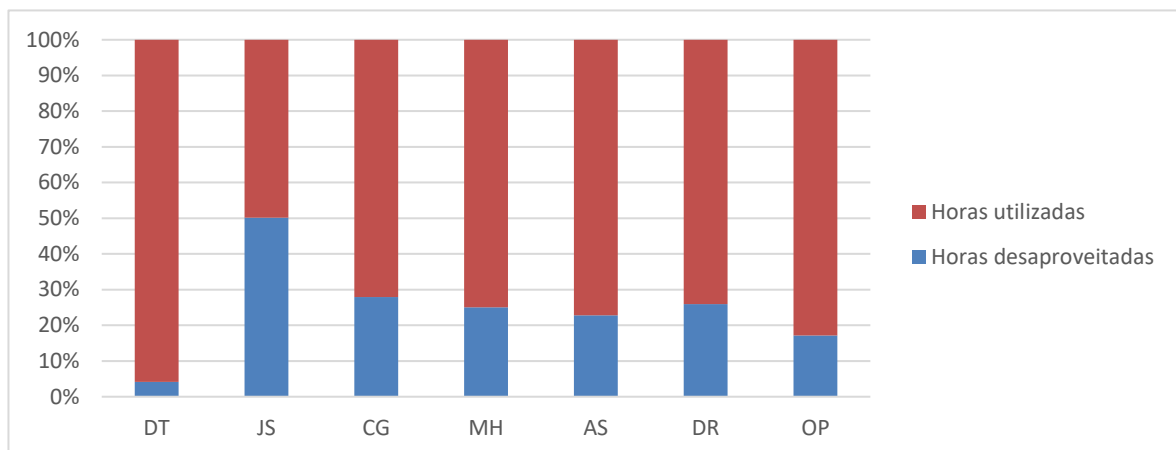


Figura 15 - Horas produtivas vs. não produtivas: por viatura

Fazendo uma análise aos resultados obtidos pelo algoritmo desenvolvido, para várias viaturas disponíveis e tarefas, por forma a não ser necessário recorrer ao uso de viaturas fictícias, podemos então retirar algumas conclusões. O programa preenche as viaturas até à sua capacidade máxima com tarefas, por ordem contrária à lista fornecida no Menu Principal, ou seja, a última viatura a ser preenchida como disponível é a primeira da solução proposta pelo algoritmo.

Para o caso em que temos mais tarefas do que viaturas disponíveis, que acontece por vezes na realidade, a solução apresentada pelo software, mostra que existem tarefas classificadas como tarefas não possíveis de cumprir, o que permite demonstrar e retirar resultados quanto à necessidade de adquirir viaturas.

Para comprovar a utilidade do software criado foram gerados 10 outputs da aplicação com base nas tarefas realizadas em 10 dias de serviços da unidade, apresentados na Tabela 5. Para o efeito, foram utilizadas tarefas de duração semelhante às tarefas efetivamente realizadas, nesses dias, pelas equipas do ACES de forma a obter uma maior aproximação à realidade.

Na Tabela 5 apresentam-se também os tempos computacionais obtidos aquando das simulações realizadas. Obteve-se um tempo médio de 41,5 segundos o que é um valor bastante atraente para o uso recorrente da aplicação. Este valor foi bastante afetado pela existência de uma simulação que apresenta um tempo computacional fora do normal pela inexistência de tarefas com atribuição prioritária. Com esta característica, o programa é obrigado a percorrer mais iterações pela existência de um maior número de variáveis.

Dia	Num Viaturas	Num Viaturas	Tempo Computacional (s)
06/dez	5	4	6,11
13/dez	5	4	6,48
21/dez	5	4	18,34
02/nov	5	4	25,62
03/nov	5	3	11,58
04/out	4	3	4,00
06/out	5	3	19,31
11/out	5	3	24,57
20/set	5	4	5,58
01/ago	5	4	292,9

Tabela 5 - Resumo dos dados das 10 simulações

Das simulações realizadas, apresentam-se em detalhe dois dias que permitem retirar conclusões quanto à eficácia que pode ser obtida com a utilização da aplicação (Tabela 6).

Realidade							Sugestão					
Dia	Viatura	Tarefas	Hora saída	Hora entrada	total horas	total	Viatura	Tarefa	Hora saída	Hora entrada	total horas	total
03/Nov	JS	Domicílio	08:20	09:07	00:47	26:15:00	JS	Volta Taxas	08:00	16:30	08:30	27:20:00
		Domicílio	10:00	10:53	00:53			Domicilio	16:30	17:16	00:46	
		Domicílio	12:00	12:40	00:40			DT	Porto Maia	08:00	12:00	04:00
		Domicílio	12:40	13:20	00:40				Arouca Material	12:00	15:33	03:33
		Domicílio	15:15	15:35	00:20				Domicilio	15:33	16:48	01:15
		Domicílio	15:35	16:00	00:25				AS	Canedo Porto	08:00	11:58
	DT	Volta Taxas	08:30	17:00	08:30		Domicilio	11:58		13:13	01:15	
		DR	Arouca Material	13:35	16:40		03:05	Domicílio		13:13	14:28	01:15
			Porto	13:30	16:30		04:00	Travanca Oleiros		14:28	17:16	02:48
	AS	Canedo	09:30	10:45	01:15							
		Porto	13:30	16:30	03:00							
	CG	Travanca Oleiros	08:30	11:10	02:40							
06/Out	JS	Domicílios	09:20	09:55	00:35	25:33:00	DR	Rio Meão Lourosa	08:00	10:16	02:16	25:55:00
		Domicílios	10:22	10:59	00:37			Rio Meão Feira	10:16	11:31	01:15	
		Entrega Material P	12:00	13:30	01:30			Domicílios Feira	11:31	12:46	01:15	
		Domicílios Feira	16:00	17:10	01:10			Domicílios Lobão	12:46	16:44	03:58	
	DT	Domicílios Argoncilhe	08:00	12:00	04:00		AS	Domicílios	16:44	17:59	01:15	
		Domicílios Lobão	13:00	16:45	03:45			Porto Maia	08:00	13:13	05:13	
	DR	Domicílios S. J. Ver	08:30	12:30	04:00			Entrega Material P	13:10	14:40	01:30	
		Porto Maia	12:50	18:00	05:10			Domicílios Feira	14:40	15:55	01:15	
	AS	Rio Meão Lourosa	09:28	11:54	02:26		CG	Domicílios S. J. Ver	08:00	12:00	04:00	
		Rio Meão Feira	13:41	14:51	01:10			Domicílios Argoncilhe	12:00	15:58	03:58	
	CG	Domicílios Feira	10:45	11:20	00:35							
		Domicílios Feira	11:45	12:20	00:35							

Tabela 6 - Comparação entre as tarefas realizadas e as sugeridas pelo software

Estas simulações permitiram comprovar a ineficiência da gestão da afetação das viaturas às tarefas a realizar, uma vez que demonstrou ser possível desempenhar todas as tarefas com um menor número de veículos.

Para garantir que os resultados obtidos são fiáveis, foram utilizadas tarefas para o input da aplicação que possuem uma duração ligeiramente superior à efetivamente realizada pelos profissionais. Desta forma, foram garantidos resultados seguros, uma vez que mesmo com um aumento do tempo total foi possível realizar as tarefas com um menor número de veículos.

A constatação da necessidade de um menor número de veículos foi conseguida em todas as 10 simulações o que permite a alocação das restantes viaturas a tarefas que foram executadas com recurso a viaturas de aluguer ou próprias. Assim conseguem-se reduzir os custos relativos a estas alocações tal como propõe o Bloco de Esquerda [27]. Para além disso, esta conclusão reforça a questão de gastos desnecessários em serviços de táxi e veículos próprios, uma vez que com a correta afetação das viaturas, existe um número de veículos livre que poderiam desempenhar essas tarefas legadas.

As soluções geradas pela aplicação focam-se em distribuir as tarefas de maneira a preencher os veículos na sua totalidade, um de cada vez, o que em termos de eficiência é o melhor, mas requer alguma adaptação de horários por parte dos funcionários que requisitam as viaturas.

Para se obterem dados o mais aproximado possível à realidade, deviam ter sido utilizados os custos com reparações no mecânico, combustíveis, entre outros. Há também variações entre os diversos carros, alguns a gasóleo e outros a gasolina e com diferentes custos não periódicos associados a cada um deles, o que difere nos custos finais que cada veículo acarreta. Com o mesmo objetivo, para os serviços mais recorrentes e os fixos, deveriam existir previsões de tempo necessários para a conclusão destes serviços.

O período de tempo de recolha de dados deveria ser mais alargado para ser possível obter um rácio correto, englobando os gastos que não são recorrentes como por exemplo grandes reparações.

6. Conclusão

O início do projeto apresentou algumas dificuldades pelo desconhecimento total quanto à abordagem mais correta ao problema, tendo sido contornado com a orientação recebida que permitiu tratar o problema passo a passo como é indicado.

Ao conhecer e entender o problema, foi possível definir a melhor maneira de o resolver, com as ferramentas indicadas que, teriam de ser obrigatoriamente compatíveis entre si. Estas ferramentas apresentavam-se como um obstáculo já que, no caso do Visual Basic, se trata de uma linguagem nova de programação e, no caso do Microsoft Excel, um aprofundamento do conhecimento já obtido. O uso do Microsoft Access para a criação da base de dados foi apenas recordar matéria lecionada durante o curso.

O problema proposto pelo ACES, foi otimizar e automatizar o planeamento e afetação dos serviços diários de domicílios aos veículos disponíveis, com vista a minimizar custos e rentabilizar as viaturas. Além disso, era vantajoso manter um registo completo de todos os serviços e saídas das viaturas, para que existisse um histórico fidedigno. Um dos objetivos era obter também uma base de dados com informação de todos os serviços domiciliários, desde localizações, tempos de execução e deslocação, etc. e também dos recursos, neste caso viaturas e pessoas afetas aos serviços. Assim foi proposto o desenvolvimento de um software que colmatasse estas falhas e também que calculasse a melhor afetação diária das tarefas aos veículos disponíveis.

Assim a aplicação criada pretende, através do Solver e do fornecimento da informação sobre quais veículos disponíveis no momento e quais as tarefas que se pretendem efetuar, fornecer como retorno a melhor afetação entre estes. Além disso, foi incluída a impressão desses resultados na folha do Excel que permitirá obter um histórico sobre as associações estabelecidas. Este histórico permitirá tratar os dados e obter conclusões acerca da utilização dos veículos sem haver a dependência anterior aos mapas de utilização definidos pelas normas do Ministério da Saúde. Para garantir a utilização e satisfação da organização com a aplicação, foi permitida a edição dos dados presentes na folha Histórico de forma a que, em primeiro lugar, seja possível obter conclusões através dos mesmos e, em segundo lugar, seja possível mudar esta informação no caso de serem feitas alterações ao esquema de associações viaturas-tarefas. No fundo, o software serve principalmente para apoio à decisão do responsável pela afetação das tarefas.

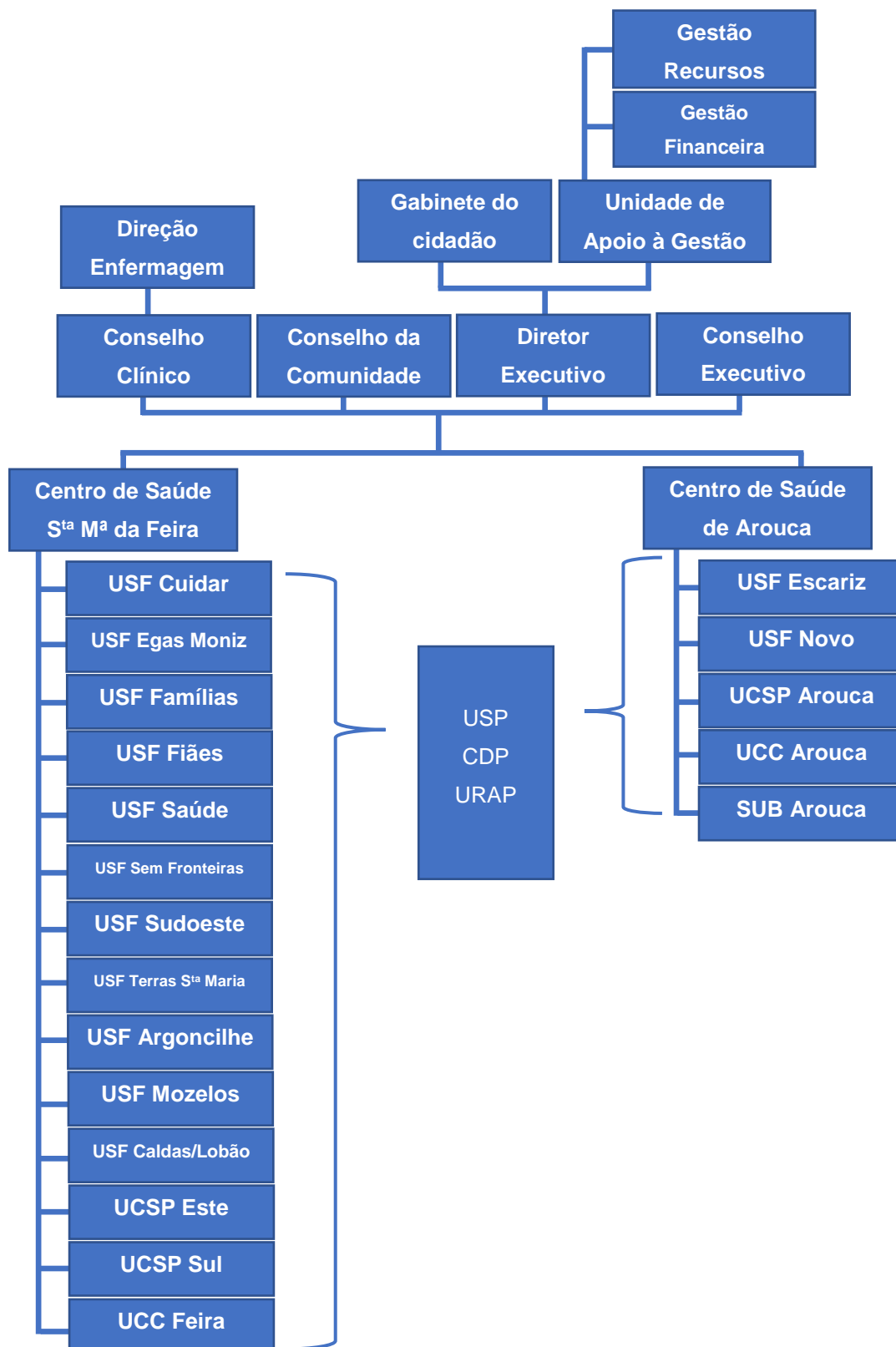
Esta vertente do programa acaba por ser um objetivo secundário, uma vez que permite uma utilização mais ampla da ferramenta criada visada com objetivo fundamental, que permite obter uma otimização em alguns casos, mas uma melhoria em todos. Esta afirmação é comprovada pelos resultados obtidos nas simulações efetuadas e apresentadas no tópico 5 da Discussão de Resultados com uma redução efetiva no número de veículos necessários.

Como trabalho futuro, e tendo em consideração que a aplicação é passível de melhorias, são listadas algumas pequenas alterações que lhe acrescentariam valor.

- Apesar do esforço em apresentar a interface mais intuitiva possível, alguns pontos seriam passíveis de melhorias em aspeto e funcionamento;
- Melhorias em organização de código, apesar do esforço em continuamente comentar o código para permitir a alteração e entendimento do mesmo, há alterações a fazer em ciclos que aligeiravam o programa e não limitassem o seu funcionamento;
- Integração futura do sistema/software utilizado nas unidades com os dados necessários (contendo as moradas dos pacientes) e possibilitando a georreferenciação automática.

ANEXOS

Anexo 1 – Organograma: organização do ACES Feira – Arouca



[illegible]

Anexo 4 – Mapa Informativo de Avaria: veículos de serviço gerais

Informação

Emverifiquei que a viatura de matrícula.....

Marca.....Modelo.....se encontra.....

.....
.....
.....

Aces Feira/Arouca,de

O Funcionário

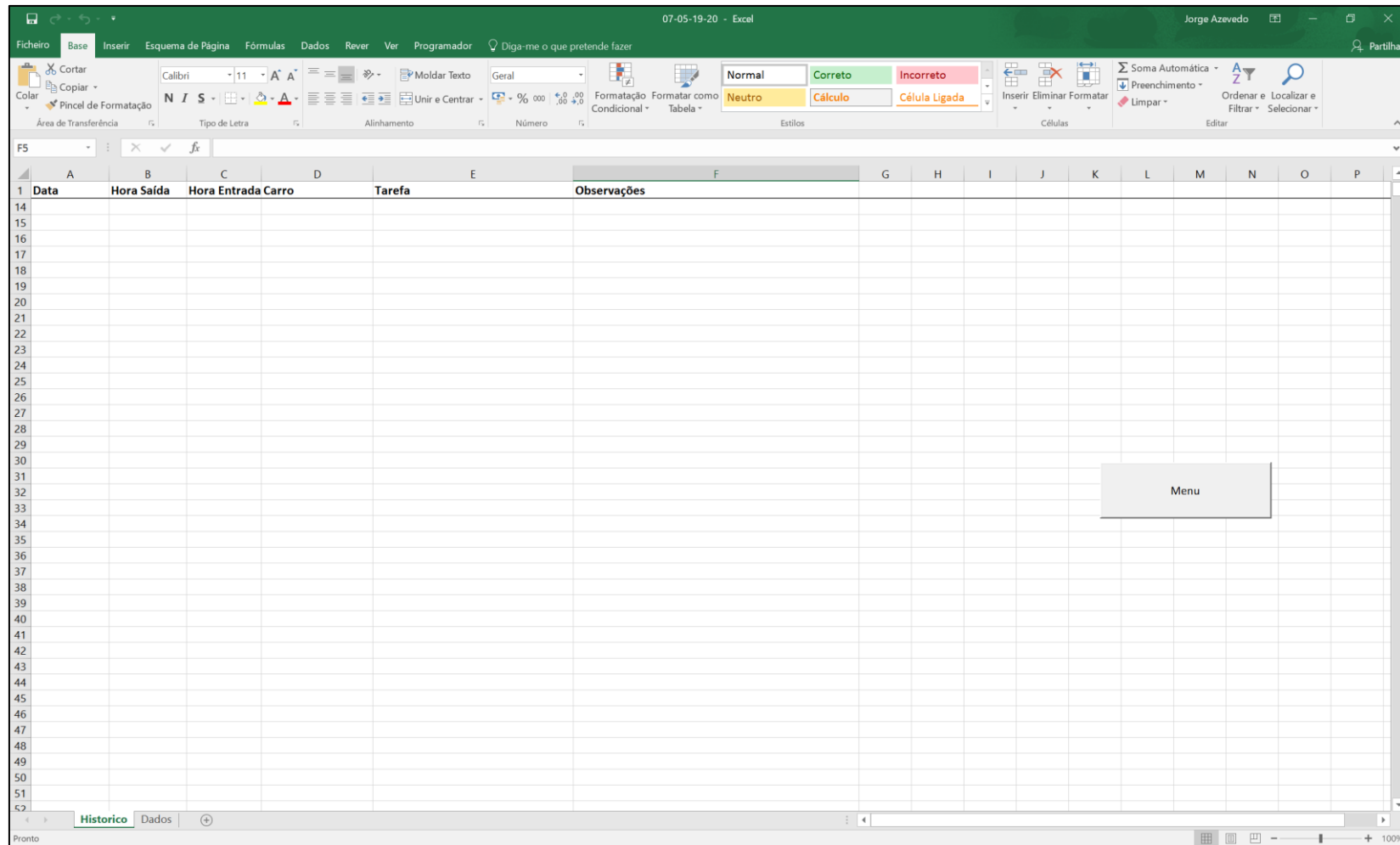
Anexo 5 – Matriz de distâncias (em km)

USP/UCC/ECL/UAG/USF Terras/URAP Feira	35,2	7,4	12,7	3,6	4,9	0,5	16,2	7,6	7,8	8,2	11,5	10,3	6,4	5,0	55,9	10,0	13,3	16,1	15,4	15,4	10,5	3,1	10,5	50,4	7,9	24,3	
UCC/USF/UCSP/SUB Arouca	35,2		38,6	37,2	36,6	41,2	34,0	18,4	36,1	38,8	40,7	40,1	41,3	30,3	34,1	19,7	30,1	30,0	31,1	30,6	24,6	37,7	31,6	24,5	65,5	26,9	12,2
CDP feira	7,4	38,6		6,0	4,1	4,5	7,2	22,1	4,1	0,2	1,3	4,1	4,0	12,5	12,2	61,7	9,9	10,3	14,0	11,1	16,1	3,1	10,1	14,1	42,8	14,0	30,9
USF Argoncilhe	12,7	37,2	6,0		9,6	10,8	12,7	19,5	5,3	6,2	6,6	4,1	6,7	16,0	17,7	59,1	8,8	7,7	9,6	7,3	13,5	4,2	14,6	15,3	38,1	17,4	28,4
USF Cuidar São João de Ver	3,6	36,6	4,1	9,6		4,1	4,0	19,1	4,8	4,7	5,1	8,4	7,9	9,3	8,9	58,8	9,3	11,2	15,4	11,9	14,7	7,4	6,8	10,4	46,8	10,7	27,5
USF Cuidar Rio Meão	4,9	41,2	4,5	10,8	4,1		5,9	23,8	6,6	5,0	3,4	8,9	4,2	13,9	10,7	63,4	13,0	12,8	16,5	13,6	18,4	8,5	11,9	18,0	47,6	15,4	31,9
USF Egas Moniz	0,5	34,0	7,2	12,7	4,0	5,9		16,2	7,6	7,8	8,2	11,5	10,3	6,4	5,0	55,9	10,0	13,3	16,1	15,4	15,4	10,5	3,2	10,5	50,4	7,8	24,3
USF Escariz	16,2	18,4	22,1	19,5	19,1	23,8	16,2		18,3	21,0	22,9	22,4	23,6	12,5	16,7	40,3	12,4	12,2	12,3	12,8	6,8	20,0	13,9	6,7	47,8	9,2	9,5
USF Famílias	7,6	36,1	4,1	5,3	4,8	6,6	7,6	18,3		4,5	4,9	6,5	7,8	10,9	12,6	58,0	6,1	6,6	10,3	7,4	12,4	4,2	9,5	11,3	42,2	12,4	28,5
USF Saúde Mais Lamas	7,8	38,8	0,2	6,2	4,7	5,0	7,8	21,0	4,5		1,1	4,5	4,0	12,3	12,0	61,5	9,7	10,1	13,8	10,9	15,9	3,4	9,9	13,9	33,9	13,8	31,1
USF Saúde Mais – P de Brandão	8,2	40,7	1,3	6,6	5,1	3,4	8,2	22,9	4,9	1,1		4,7	2,3	13,4	13,1	62,6	10,8	11,1	14,8	11,9	16,9	4,2	10,9	15,0	35,0	14,9	32,1
USF Sem Fronteiras Nogueira da Regedoura	11,5	40,1	4,1	4,1	8,4	8,9	11,5	22,4	6,5	4,5	4,7		4,8	17,1	16,2	62,0	11,6	10,6	14,3	11,4	16,4	4,1	15,7	18,1	34,4	18,5	31,2
USF Sem Fronteiras S P Oleiros	10,3	41,3	4,0	6,7	7,9	4,2	10,3	23,6	7,8	4,0	2,3	4,8		18,0	14,7	63,4	13,0	11,9	15,6	12,7	17,7	4,5	16,0	22,1	35,7	19,5	32,6
USF Sudoeste - Arrifana	6,4	30,3	12,5	16,0	9,3	13,9	6,4	12,5	10,9	12,3	13,4	17,1	18,0		6,9	51,8	12,5	9,5	15,7	15,1	10,9	14,8	2,6	2,4	24,1	2,7	18,7
USF Sudoeste - Souto	5,0	34,1	12,2	17,7	8,9	10,7	5,0	16,7	12,6	12,0	13,1	16,2	14,7	6,9		55,1	15,2	19,4	22,1	21,5	17,5	15,7	6,4	13,0	27,4	10,4	22,9
UCSP Alvarenga	55,9	19,7	61,7	59,1	58,8	63,4	55,9	40,3	58,0	61,5	62,6	62,0	63,4	51,8	55,1		50,8	50,6	52,5	51,2	45,2	58,4	52,2	45,1	28,5	47,6	32,9
UCSP Lobão	10,0	30,1	9,9	8,8	9,3	13,0	10,0	12,4	6,1	9,7	10,8	11,6	13,0	12,5	15,2	50,8		1,4	4,2	3,5	6,2	8,8	10,1	7,5	24,2	9,7	21,0
UCSP Caldas São Jorge	13,3	30,0	10,3	7,7	11,2	12,8	13,3	12,2	6,6	10,1	11,1	10,6	11,9	9,5	19,4	50,6	1,4		7,8	7,1	7,1	8,6	8,5	5,8	25,1	7,0	21,9
UCSP Canedo	16,1	31,1	14,0	9,6	15,4	16,5	16,1	12,3	10,3	13,8	14,8	14,3	15,6	15,7	22,1	52,5	4,2	7,8		2,9	7,2	11,8	14,4	10,7	25,3	12,8	22,1
UCSP Vila Maior	15,4	30,6	11,1	7,3	11,9	13,6	15,4	12,8	7,4	10,9	11,9	11,4	12,7	15,1	21,5	51,2	3,5	7,1	2,9		6,7	9,0	13,7	10,0	24,7	12,2	21,6
UCSP Vale	15,4	24,6	16,1	13,5	14,7	18,4	15,4	6,8	12,4	15,9	16,9	16,4	17,7	10,9	17,5	45,2	6,2	7,1	7,2	6,7		13,8	13,5	6,3	18,8	8,8	15,7
UCSP Mozelos	10,5	37,7	3,1	4,2	7,4	8,5	10,5	20,0	4,2	3,4	4,2	4,1	4,5	14,8	15,7	58,4	8,8	8,6	11,8	9,0	13,8		13,5	6,3	18,8	8,8	15,7
UCSP Escapães	3,1	31,6	10,1	14,6	6,8	11,9	3,2	13,9	9,5	9,9	10,9	15,7	16,0	2,6	6,4	52,2	10,1	8,5	14,4	13,7	13,5	13,5		8,0	25,8	5,4	22,4
UCSP Romariz	10,5	24,5	14,1	15,3	10,4	18,0	10,5	6,7	11,3	13,9	15,0	18,1	22,1	2,4	13,0	45,1	7,5	5,8	10,7	10,0	6,3	6,3	8,0		18,7	3,4	15,5
UCSP Rossas	50,4	65,5	42,8	38,1	46,8	47,6	50,4	47,8	42,2	33,9	35,0	34,4	35,7	24,1	27,4	28,5	24,2	25,1	25,3	24,7	18,8	18,8	25,8	18,7		21,2	6,3
UCSP Milheirós de Poiares	7,9	26,9	14,0	17,4	10,7	15,4	7,8	9,2	12,4	13,8	14,9	18,5	19,5	2,7	10,4	47,6	9,7	7,0	12,8	12,2	8,8	8,8	5,4	3,4	21,2		17,9
UCSP Chave	24,3	12,2	30,9	28,4	27,5	31,9	24,3	9,5	28,5	31,1	32,1	31,2	32,6	18,7	22,9	32,9	21,0	21,9	22,1	21,6	15,7	15,7	22,4	15,5	6,3	17,9	

Anexo 6 – Matriz de tempos (em minutos)

USP/UCC/ECL/UAG/USF Terras/URAP Feira	84,5	17,8	30,5	8,6	11,8	1,2	38,9	18,2	18,7	19,7	27,6	24,7	15,4	12,0	134	24,0	31,9	38,6	37,0	37,0	25,2	7,4	25,2	121	19,0	58,3
UCC/USF/UCSP/SUB Arouca	84,5	92,6	89,3	87,8	98,9	81,6	44,2	86,6	93,1	97,7	96,2	99,1	72,7	81,8	47,3	72,2	72,0	74,6	73,4	59,0	90,5	75,8	58,8	157	64,6	29,3
CDP feira	17,8	92,6	14,4	9,8	10,8	17,3	53,0	9,8	0,5	3,1	9,8	9,6	30,0	29,3	148	23,8	24,7	33,6	26,6	38,6	7,4	24,2	33,8	102	33,6	74,2
USF Argoncilhe	30,5	89,3	14,4	23,0	25,9	30,5	46,8	12,7	14,9	15,8	9,8	16,1	38,4	42,5	141	21,1	18,5	23,0	17,5	32,4	10,1	35,0	36,7	91,4	41,8	68,2
USF Cuidar São João de Ver	8,6	87,8	9,8	23,0	9,8	9,6	45,8	11,5	11,3	12,2	20,2	19,0	22,3	21,4	141	22,3	26,9	37,0	28,6	35,3	17,8	16,3	25,0	112	25,7	66,0
USF Cuidar Rio Meão	11,8	98,9	10,8	25,9	9,8	14,2	57,1	15,8	12,0	8,2	21,4	10,1	33,4	25,7	152	31,2	30,7	39,6	32,6	44,2	20,4	28,6	43,2	114	37,0	76,6
USF Egas Moniz	1,2	81,6	17,3	30,5	9,6	14,2	38,9	18,2	18,7	19,7	27,6	24,7	15,4	12,0	134	24,0	31,9	38,6	37,0	37,0	25,2	7,7	25,2	121	18,7	58,3
USF Escariz	38,9	44,2	53,0	46,8	45,8	57,1	38,9	43,9	50,4	55,0	53,8	56,6	30,0	40,1	96,7	29,8	29,3	29,5	30,7	16,3	48,0	33,4	16,1	114	22,1	22,8
USF Famílias	18,2	86,6	9,8	12,7	11,5	15,8	18,2	43,9	10,8	11,8	15,6	18,7	26,2	30,2	139	14,6	15,8	24,7	17,8	29,8	10,1	22,8	27,1	101	29,8	68,4
USF Saúde Mais Lamas	18,7	93,1	0,5	14,9	11,3	12,0	18,7	50,4	10,8	2,6	10,8	9,6	29,5	28,8	147	23,3	24,2	33,1	26,2	38,2	8,2	23,8	33,4	81,4	33,1	74,6
USF Saúde Mais – P de Brandão	19,7	97,7	3,1	15,8	12,2	8,2	19,7	55,0	11,8	2,6	11,3	5,5	32,2	31,4	150	25,9	26,6	35,5	28,6	40,6	10,1	26,2	36,0	84,0	35,8	77,0
USF Sem Fronteiras Nogueira da Regedoura	27,6	96,2	9,8	9,8	20,2	21,4	27,6	53,8	15,6	10,8	11,3	11,5	41,0	38,9	148	27,8	25,4	34,3	27,4	39,4	9,8	37,7	43,4	82,6	44,4	74,9
USF Sem Fronteiras S P Oleiros	24,7	99,1	9,6	16,1	19,0	10,1	24,7	56,6	18,7	9,6	5,5	11,5	43,2	35,3	152	31,2	28,6	37,4	30,5	42,5	10,8	38,4	53,0	85,7	46,8	78,2
USF Sudoeste - Arrifana	15,4	72,7	30,0	38,4	22,3	33,4	15,4	30,0	26,2	29,5	32,2	41,0	43,2	16,6	124	30,0	22,8	37,7	36,2	26,2	35,5	6,2	5,8	57,8	6,5	44,9
USF Sudoeste - Souto	12,0	81,8	29,3	42,5	21,4	25,7	12,0	40,1	30,2	28,8	31,4	38,9	35,3	16,6	132	36,5	46,6	53,0	51,6	42,0	37,7	15,4	31,2	65,8	25,0	55
UCSP Alvarenga	134,2	47,3	148	141	141	152	134	96,7	139	147	150	148	152	124	132	121	121	126	122	108	140	125	108	68,4	114	79
UCSP Lobão	24,0	72,2	23,8	21,1	22,3	31,2	24,0	29,8	14,6	23,3	25,9	27,8	31,2	30,0	36,5	121	3,4	10,1	8,4	14,9	21,1	24,2	18,0	58,1	23,3	50,4
UCSP Caldas São Jorge	31,9	72,0	24,7	18,5	26,9	30,7	31,9	29,3	15,8	24,2	26,6	25,4	28,6	22,8	46,6	121	3,4	18,7	17,0	17,0	20,6	20,4	13,9	60,2	16,8	52,6
UCSP Canedo	38,6	74,6	33,6	23,0	37,0	39,6	38,6	29,5	24,7	33,1	35,5	34,3	37,4	37,7	53,0	126	10,1	18,7	7,0	17,3	28,3	34,6	25,7	60,7	30,7	53
UCSP Vila Maior	37,0	73,4	26,6	17,5	28,6	32,6	37,0	30,7	17,8	26,2	28,6	27,4	30,5	36,2	51,6	122	8,4	17,0	7,0	16,1	21,6	32,9	24,0	59,3	29,3	51,8
UCSP Vale	37,0	59,0	38,6	32,4	35,3	44,2	37,0	16,3	29,8	38,2	40,6	39,4	42,5	26,2	42,0	108	14,9	17,0	17,3	16,1	33,1	32,4	15,1	45,1	21,1	37,7
UCSP Mozelos	25,2	90,5	7,4	10,1	17,8	20,4	25,2	48,0	10,1	8,2	10,1	9,8	10,8	35,5	37,7	140	21,1	20,6	28,3	21,6	33,1	32,4	15,1	45,1	21,1	37,7
UCSP Escapães	7,4	75,8	24,2	35,0	16,3	28,6	7,7	33,4	22,8	23,8	26,2	37,7	38,4	6,2	15,4	125	24,2	20,4	34,6	32,9	32,4	32,4	19,2	61,9	13,0	53,8
UCSP Romariz	25,2	58,8	33,8	36,7	25,0	43,2	25,2	16,1	27,1	33,4	36,0	43,4	53,0	5,8	31,2	108	18,0	13,9	25,7	24,0	15,1	15,1	19,2	44,9	8,2	37,2
UCSP Rossas	121	157	102	91,4	112	114	121	114	101	81,4	84,0	82,6	85,7	57,8	65,8	68,4	58,1	60,2	60,7	59,3	45,1	45,1	61,9	44,9	50,9	15,1
UCSP Milheirós de Poiares	19,0	64,6	33,6	41,8	25,7	37,0	18,7	22,1	29,8	33,1	35,8	44,4	46,8	6,5	25,0	114,2	23,3	16,8	30,7	29,3	21,1	21,1	13,0	8,2	50,9	43,0
UCSP Chave	58,3	29,3	74,2	68,2	66,0	76,6	58,3	22,8	68,4	74,6	77,0	74,9	78,2	44,9	55,0	79,0	50,4	52,6	53,0	51,8	37,7	37,7	53,8	37,2	15,1	43,0

Anexo 7 – Interface Inicial



Anexo 8 – Menu Principal

Menu Inicial



agrupamento
centros de saúde
entre douro e vouga 1
feira | arouca



universidade
de aveiro

Trabalho realizado por Jorge Azevedo jmrma@ua.pt

Sob a orientação da Professora Doutora Ana Moura ana.moura@ua.pt
e do Dr. António Alves - Director Executivo ACES Feira/Arouca

Carros Disponíveis

☐ DT - Fiat

☐ CG - Opel

☐ MH - Peugeot

☐ DR - Renault

☐ AS - Renault

☐ OP - Renault

☐ JS - Mitsubishi

Tarefas

Sugestão

Editar Carro

Inserir Tarefa

Resolver

Limpar

SAIR

Anexo 9 – Lista de Pontos

Pontos		
Pontos		
1	USP/UCC/ECL/UAG/USF Terras/URAP Feira	Av. Prof. Egas Moniz 7 4520-909
2	UCC/USF/UCSP/SUB Arouca	Rua Dr Angelo Miranda 4540-140 Arouca
3	CDP feira	Rua Social 139, 4535-405 Santa Maria de Lamas
4	USF Argoncilhe	Rua das Cruzes 215 4505-062 Argoncilhe
5	USF Cuidar São João de Ver	Rua da Unidade de Saúde 42 4520-616 S. J. de Ver
6	USF Cuidar Rio Meão	Av. Santiago 163 4520-470 Rio Meão
7	USF Egas Moniz	Rua Professor Egas Moniz 14 4520-244 Feira
8	USF Escariz	Lugar de Belide 4540-297 Escariz
9	USF Famílias	Rua do infantário 276 4535-068 Lourosa
10	USF Saúde Mais Lamas	Rua Social 521 4535-405 Santa Maria Lamas
11	URAP/USF Saude Mais - P. de Brandão	Urb. Tapada dos Eucaliptos Rua 4 158 4535-335 P. de Brandão
12	USF Sem Fronteiras Nogueira da Regedoura	Rua Barra 70 4500-716 Nogueira Regedoura
13	USF Sem Fronteiras São Paio de Oleiros	Rua Hospital 4535-466 São Paio de Oleiros
14	USF Sudoeste - Arrifana	Avenida do Corgo 110 3700-460 Arrifana
15	USF Sudoeste - Souto	Rua Posto Médico 4520-709 Souto vfr
16	UCSP Alvarenga	Lugar de Trancoso 4540-048 Alvarenga Arouca
17	UCSP Lobão	Rua S. Tiago 1908 4505-525 Lobão
18	UCSP Caldas São Jorge	Rua Desportivo 6 4505-686 Caldas de São Jorge
19	UCSP Canedo	Rua centro social 122 4525-281 Canedo
20	UCSP Vila Maior	Rua Dr. Ferreira Pinto 230 4525-522 Vila Maior
21	UCSP Vale	Avenida Igreja 398 4525-403 Vale
22	UCSP Mozelos	Alameda Alfredo Henriques 107 4535-159 Mozelos
23	UCSP Escapães	Rua Camilo Augusto 334 4520-027 Escapães
24	UCSP Romariz	Rua do Ferreiro 3700-897 Romariz
25	UCSP Rossas	Lugar Paço 4540-481 Rossas

Voltar

Anexo 10 – Código Resolver

```
Private Sub resolver_Click()  
  
    Call CriarFolhaCalculo  
    Call PrintTarefas  
    Call PrintMatriculas  
  
    Call Prioridades  
  
    Call TarefasMatriz  
    Call SomaColunas  
    Call Addisolver  
  
    Call DadosCarro  
    Call DadosTarefa  
  
    Do While Not (retsol = 0 Or retsol = 1 Or retsol = 14)  
        ViatFict = True  
        ListBoxSugestao.Clear  
        Call resolverAParte  
    Loop  
    Call ElimFolhaCalculo  
  
End Sub
```

Anexo 11 – Código da função AddiSolver que alimentam o Solver

```
SolverReset

'restricao onde se põem os valores a mudar e a celula com o resultado optimo
SolverOk setcell:="$B$2", MaxMinVal:=2, bychange:="C22:" & ColumnLetter(contcol + 2) & (contlin + 21)

'restricao para garantir que os valores da matriz sao binarios
solverAdd cellref:="($C$22:" & "$" & ColumnLetter(contcol + 2) & "$" & (contlin + 21)), relation:=5

'restricao para garantir que as tarefas sao todas completas
For c = 3 To contcol + 2
    solverAdd cellref:=Cells(contlin + 22, c), relation:=2, formulatext:=1
Next c

'adicionar esta restricao se houver prioridades nas tarefas e o carro estiver disponivel
If passou = True Then
    solverAdd cellref:=Cells(LinPrio + 19, ColPrio), relation:=2, formulatext:=1
    passou = False
End If

'restricao para garantir que a soma dos tempos é inferior a 8horas
Call SomaLinMatriz

'restricao para fazer a multiplicacao das matrizes
Call MultiMatrizes

retsol = SolverSolve(UserFinish:=True)
Call AssociaCT
```

Anexo 12 – Valores de retorno do SolverSolve

Valor Retorno	Mensagem de resultados do Solver
0	Solver found a solution. All constraints and optimality conditions are satisfied.
1	Solver has converged to the current solution. All constraints are satisfied.
2	Solver cannot improve the current solution. All constraints are satisfied.
3	Stop chosen when the maximum iteration limit was reached.
4	The Objective Cell values do not converge.
5	Solver could not find a feasible solution.
6	Solver stopped at user's request.
7	The linearity conditions required by this LP Solver are not satisfied.
8	The problem is too large for Solver to handle.
9	Solver encountered an error value in a target or constraint cell.
10	Stop chosen when the maximum time limit was reached.
11	There is not enough memory available to solve the problem.
13	Error in model. Please verify that all cells and constraints are valid.
14	Solver found an integer solution within tolerance. All constraints are satisfied.
15	Stop chosen when the maximum number of feasible [integer] solutions was reached.
16	Stop chosen when the maximum number of feasible [integer] subproblems was reached.
17	Solver converged in probability to a global solution.
18	All variables must have both upper and lower bounds.
19	Variable bounds conflict in binary or all different constraint.
20	Lower and upper bounds on variables allow no feasible solution.

Tabela 7 - Tabela com valores de retorno do SolverSolve

Anexo 13 – Modelo elaborado no CPLEX (v 12.6.3.0)

```
//numero de tarefas
int T =...;
range tarefas = 1..T;

// Numero de veículos
int NV = ...;
range veiculos = 1..NV;

// Tempo de execução de cada tarefa
int tempo[tarefas] = ...;

// Tempo máximo para execução das tarefas (dia trabalho)
int TempoMax= ...;

// Capacidade máxima dos veículos
int C[veiculos] = ...;

// Variáveis de Decisão
// Se tarefa i é afeta ao carro k ou não

dvar boolean x [tarefas][veiculos];

//função objetivo
// Minimizar as

minimize sum(i in tarefas, k in veiculos) t[i]*x[i][k];

subject to {

// Todas as tarefas têm de ser atribuídas a um veículo, se não houverem
disponíveis //suficientes, têm que se criar uma ou mais fictícias
    forall(i in tarefas)
        sum(k in veiculos) x[i][k]=1;

// Todos os veículos com tarefas atribuídas, não podem exceder a capacidade
    forall(k in veiculos)
        sum(i in tarefas) x[i][k]<=C[k];

// O somatório dos tempos de execução das tarefas afetas a veículos
//não pode exceder o tempo total máximo diário de trabalho
    forall(k in veiculos)
        sum(i in tarefas) tempo[i]*x[i][k]<=TempoMax;
```


Bibliografia

- [1] Instituto Nacional de Estatística, “Projeções de População Residente em Portugal,” 2017.
- [2] Instituto Nacional de Estatística, “Despesas de saúde em Portugal,” vol. 2015, p. 2015, 2015.
- [3] K.-D. Rest, A. Trautsumwieser, and P. Hirsch, “Trends and risks in home health care,” *J. Humanit. Logist. Supply Chain Manag.*, vol. 2, no. 1, pp. 34–53, 2012.
- [4] R. Redjem and E. Marcon, “Operations management in the home care services: a heuristic for the caregivers’ routing problem,” *Flex. Serv. Manuf. J.*, vol. 28, no. 1–2, pp. 280–303, 2016.
- [5] L. V. Tavares, R. C. Oliveira, I. H. Themido, and F. N. Correia, *Investigação Operacional*. McGraw-Hill de Portugal, 1996.
- [6] H. Lieberman, *Introduction to Operational Research*, 8th ed. McGraw-Hill, 2005.
- [7] M. Ramalhete, J. Guerreiro, and A. Magalhães, *Programação Linear*. McGraw-Hill de Portugal, 1984.
- [8] G. B. Dantzig, *Linear Programming and Extensions*, vol. 50, no. 1. Princeton University Press, 1963.
- [9] M. M. Hill, M. M. dos Santos, and A. L. Monteiro, *Investigação Operacional - Transportes, Afectação e Optimização de Redes Vol.3, 1ª. Sílabo*, 2008.
- [10] A. Tiwari et al., “Survey on the use of computational optimisation in UK engineering companies,” *CIRP J. Manuf. Sci. Technol.*, vol. 9, pp. 57–68, 2015.
- [11] IBM, “IBM ILOG Optimization Industry Applications,” 2017. [Online]. Available: <http://www-01.ibm.com/software/websphere/products/optimization/industry-applications/#health>.
- [12] S. Sharma, G. P. Rangaiah, and K. S. Cheah, “Multi-objective optimization using MS Excel with an application to design of a falling-film evaporator system,” *Food Bioprod. Process.*, vol. 90, no. 2, pp. 123–134, 2011.
- [13] Microsoft, “Getting Started with Visual Basic in Excel,” 2009. [Online]. Available: [https://msdn.microsoft.com/en-us/library/office/ee814737\(v=office.14\).aspx](https://msdn.microsoft.com/en-us/library/office/ee814737(v=office.14).aspx). [Accessed: 05-Apr-2017].
- [14] I. Frontline Systems, “Algorithms and Methods Solver uses,” 2017. [Online]. Available: <http://www.solver.com/excel-solver-algorithms-and-methods-used>.
- [15] I. Frontline Systems, “What Solver Can or Cannot Do,” 2017. [Online]. Available:

- <http://www.solver.com/excel-solver-what-solver-can-and-cannot-do>. [Accessed: 19-Mar-2017].
- [16] Ministério da Saúde, Decreto-lei n.º 137/2013 de 7 de Outubro do Ministério da Saúde. 2013, pp. 6050–6061.
 - [17] Ministério da Saúde, Decreto-lei n.º 28/2008 de 22 de Fevereiro do Ministério da Saúde. 2008, pp. 1182–1189.
 - [18] ACES Entre Douro e Vouga I - Feira/Arouca, “Como é composto o ACES Feira Arouca.” [Online]. Available: <http://acesfa.wixsite.com/home>. [Accessed: 12-Feb-2017].
 - [19] ARS Norte, “ACES Feira Arouca,” 2013. [Online]. Available: <http://portal.arsnorte.min-saude.pt/portal/page/portal/ARSNorte/Saúde Pública/Planeamento em Saúde/Perfis de Saúde/PLS/70CACB1077FB21C3E040140A11027BD0>.
 - [20] C. I. sobre C. P. de Saúde, “Declaração Alma-Ata,” 1978.
 - [21] Entidade Reguladora da Saúde, Estudo sobre as Unidades de Saúde Familiar e as Unidades de Cuidados de Saúde Personalizados. Porto: acesso disponível através da ERS, 2016.
 - [22] Direção Geral de Saúde, Despacho n.º 23/2013 de 13 de Novembro da Direção Geral de Saúde. 2013.
 - [23] Ministério da Saúde, Decreto-lei n.º 170/2008 de 26 de Agosto do Ministério da Saúde. 2009, pp. 8–9.
 - [24] ARS Norte, “Regulamento Interno de Avaliação da ARS Norte,” 2010.
 - [25] ARS Norte, “Relatório Parque Automóvel ARS Norte,” 2011.
 - [26] J. Han, M. Kamber, and J. Pei, Data Mining - Concepts and Techniques. Elsevier Ltd, 2012.
 - [27] Bloco de Esquerda, “Projeto de resolução n.º 736/xiii/(2.ª) Aquisição de viaturas para prestação de cuidados ao domicílio no âmbito dos cuidados de saúde primários,” pp. 1–8, 2017.